

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 969 455**

51 Int. Cl.:

B23F 15/00 (2006.01)

B23F 5/04 (2006.01)

B23F 23/12 (2006.01)

B23F 23/00 (2006.01)

G05B 19/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.07.2020** **PCT/EP2020/070542**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.07.2021** **WO21148147**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2020** **E 20743686 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2023** **EP 4093571**

54 Título: **Método para mecanizar una pieza de trabajo con dos engranajes, dispositivo de colocación para determinar una posición angular giratoria de referencia de la pieza de trabajo y máquina herramienta con un dispositivo de colocación de este tipo**

30 Prioridad:

22.01.2020 CH 652020

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.05.2024

73 Titular/es:

REISHAUER AG (100.0%)
Industriestrasse 36
8304 Wallisellen, CH

72 Inventor/es:

EGER, ANDRÉ y
JAKOB, RONALD

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 969 455 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para mecanizar una pieza de trabajo con dos engranajes, dispositivo de colocación para determinar una posición angular giratoria de referencia de la pieza de trabajo y máquina herramienta con un dispositivo de colocación de este tipo

Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un método para mecanizar una pieza de trabajo que tiene primer y segundo engranajes, a un dispositivo de colocación para su uso en tal método, y a una máquina herramienta adecuada para aplicar el método. Un método según el preámbulo de la reivindicación 1 y una máquina herramienta según el preámbulo de la reivindicación 13 se conocen por el documento EP 2 759 364 A2. Un dispositivo de colocación según el preámbulo de la reivindicación 8 se conoce por el documento DE 20 2017 105 125 U1.

Estado de la técnica

En la fabricación de engranajes, ocasionalmente se utilizan piezas de trabajo que tienen dos o más engranajes sobre una flecha común. Tales piezas de trabajo también se denominan engranajes dobles o engranajes gemelos en lo sucesivo. Se utilizan a menudo, por ejemplo, en accionamientos eléctricos.

Las piezas de trabajo a menudo se premecanizan primeramente con un proceso de mecanizado suave y después se endurecen. Esto es seguido por un proceso de mecanizado de acabado fino. En el mecanizado de acabado fino, el problema surge a menudo para mecanizar uno de los dos engranajes de manera tal que este engranaje se alinee exactamente del modo predeterminado con el otro engranaje (en lo sucesivo denominado engranaje de referencia) con respecto a su posición angular giratoria. Por ejemplo, a menudo se especifica que una estructura dentada, por ejemplo, un diente o un hueco dentado, del engranaje a mecanizarse debe alinearse exactamente con una estructura dentada de referencia especificada del engranaje de referencia.

Se sabe determinar las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas (por ejemplo, puntas dentadas o huecos dentados) de un engranaje con un sensor de engranaje sin contacto. El sensor de engranaje puede ser un sensor inductivo o capacitivo. El sensor de engranaje determina las posiciones de las estructuras dentadas sin contacto mientras la pieza de trabajo gira después de él.

Sin embargo, los sensores de engranajes convencionales a menudo son incapaces de determinar las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas con suficiente precisión para garantizar que dos huecos en las dos estructuras dentadas se alineen con la precisión deseada. Esto es particularmente verdadero si los engranajes se proporcionan con un chaflán en la transición entre el flanco del diente y la punta dentada, es decir, con un bisel o redondeo. El chaflán dificulta que el sensor de engranaje detecte las posiciones de las estructuras dentadas. Además, no siempre se garantiza que el chaflán sea idéntico para todos los dientes.

La patente alemana DE 20 2017 105 125 U1 describe un instrumento de medición de engranajes con dos dispositivos de medición. Uno de los dispositivos de medición es una sonda táctil, el otro es un dispositivo de sensor sin contacto. El primer dispositivo de medición es móvil a lo largo de un eje de medición. El segundo dispositivo de medición puede moverse en una configuración "concatenada" con relación al primer dispositivo de medición entre dos posiciones. Este documento no tiene que ver con el problema de engranajes dobles.

La patente europea EP 3 518 058 A1 describe un método para la colocación automática de una pieza de trabajo dentada que tiene un marcado específico de piezas de trabajo legible por máquina. Se detecta el marcado, y con base en ello se determina una posición actual de la pieza de trabajo. La pieza de trabajo se lleva después a una posición objetivo. El documento no tiene que ver con el problema de engranajes dobles.

Objeto de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar un método para mecanizar una pieza de trabajo con al menos dos engranajes, lo cual le permite a uno de los dos engranajes mecanizarse de manera tal que este engranaje se alinee con precisión al otro engranaje predeterminadamente con respecto a su posición angular giratoria. El método también debe permitir una alineación precisa incluso si los engranajes tienen un chaflán.

Este problema se soluciona por un método de conformidad con la reivindicación 1. Se proporcionan modalidades adicionales en las reivindicaciones dependientes.

Se proporciona un método para mecanizar una pieza de trabajo con el primer y segundo engranajes. La pieza de trabajo se sujeta para girar alrededor del eje de una pieza de trabajo. El método comprende:

identificar al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje con un dispositivo de identificación de referencia;

medir la estructura dentada de referencia con un dispositivo de medición de referencia para determinar una posición angular giratoria de referencia de la pieza de trabajo; y
 mecanizar el segundo engranaje con una herramienta de mecanizado de manera tal que el segundo engranaje obtiene una posición angular giratoria la cual se encuentra en una relación predeterminada respecto a la posición angular giratoria de referencia determinada.

De acuerdo con lo anterior, primero, al menos una estructura dentada de referencia (por ejemplo, un diente de referencia o un hueco dentado de referencia) del primer engranaje (engranaje de referencia) se identifica únicamente. La estructura dentada de referencia se mide después con precisión. Esto permite una posición angular giratoria de referencia de la pieza de trabajo a determinarse rápidamente y con alta precisión. Opcionalmente, pueden medirse varias estructuras dentadas de referencia del engranaje de referencia con objeto de determinar la posición angular giratoria de referencia particularmente con precisión. El segundo engranaje puede mecanizarse ahora con base en la posición angular giratoria de referencia del engranaje de referencia determinado de esta manera. Esto garantiza que el segundo engranaje reciba una posición angular giratoria como resultado del proceso de mecanizado el cual se encuentra en la relación deseada respecto a la posición angular giratoria de referencia determinada con alta precisión. Por ejemplo, puede garantizarse que, después de mecanizar, al menos una estructura dentada del segundo engranaje se alinee exactamente con al menos una estructura dentada de referencia predeterminada del primer engranaje o tiene una diferencia predeterminada en el ángulo giratorio respecto a esta estructura dentada de referencia. A diferencia de la práctica común, no es la posición de las estructuras dentadas del segundo engranaje lo que determina cómo se mecaniza este engranaje, sino la posición de las estructuras dentadas del primer engranaje.

El mecanizado del segundo engranaje puede realizarse, por ejemplo, por un proceso de mecanizado de rectificación, en particular por un proceso de rectificación de engranajes, un proceso de biselado de engranajes o un proceso de bruñido. En este caso, el ángulo de acoplamiento de rodamiento para el proceso de mecanizado de rectificación se determina preferiblemente utilizando la posición angular giratoria de referencia determinada con anterioridad de la pieza de trabajo. Esto significa que una posición angular giratoria del engranaje a mecanizarse no se determina para definir el ángulo de acoplamiento de rodamiento, como normalmente sería el caso, sino que el ángulo de acoplamiento de rodamiento se determina con base en la posición de la estructura dentada de referencia medida con anterioridad del engranaje de referencia. Sin embargo, también son posibles otros métodos de mecanizado diferentes a los métodos de mecanizado de rectificación, por ejemplo, métodos discontinuos tales como rectificado con muela de forma.

En modalidades ventajosas, la pieza de trabajo tiene al menos un marcado, y el dispositivo de identificación de referencia comprende un dispositivo de detección de marcado sin contacto. La identificación de dicha al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje puede incluir entonces:

detectar dicho al menos un marcado en la pieza de trabajo con el dispositivo de detección de marcado; e
 identificar dicha al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje con base en el marcado detectado.

El marcado puede ser cualquier tipo de marcado que pueda detectarse sin contacto. Por ejemplo, el marcado puede formarse por un orificio frontal en una porción de la pieza de trabajo, en donde el orificio puede formar un orificio sin salida o un orificio pasante. El orificio puede estar abierto o puede llenarse con un material de relleno. El marcado también puede formarse por un estampado, un chaflán, una proyección o una impresión por estampación, etc. Son posibles muchos otros tipos de marcados. Dependiendo del tipo de marcado, el dispositivo de detección de marcado puede incluir, por ejemplo, un sensor inductivo, capacitivo u óptico.

El marcado puede colocarse en cualquier parte sobre la pieza de trabajo. En el caso más sencillo, por ejemplo, puede proporcionarse sobre una cara de la pieza de trabajo radialmente dentro del primer engranaje y alineada directamente con la estructura dentada de referencia. Sin embargo, el marcado también puede alinearse con una estructura dentada diferente del primer engranaje que la estructura dentada de referencia. El marcado puede incluso proporcionarse en una ubicación de la pieza de trabajo que se encuentra relativamente lejos de la estructura dentada de referencia, por ejemplo, sobre una flecha o en la región de la segunda estructura dentada. Es suficiente que se conozca cómo puede utilizarse la posición del marcado para sacar una conclusión inequívoca sobre la posición de la estructura dentada de referencia. No es necesario un alto grado de precisión para determinar la posición, dado que la estructura dentada de referencia únicamente necesita identificarse con base en el marcado, mientras que su posición exacta se determina después en una medición separada.

En modalidades ventajosas, el dispositivo de detección de marcado comprende primer y segundo sensores de marcado, en donde el primer y segundo sensores de marcado pueden colocarse, por ejemplo, uno detrás del otro o lado a lado con respecto a una dirección circunferencial de la pieza de trabajo. La detección del marcado de la pieza de trabajo puede después comprender ventajosamente la formación de una diferencia de señales del primer y segundo sensores de marcado con objeto de detectar el marcado con mayor certidumbre.

Alternativamente o además de un sensor de marcado, el dispositivo de identificación de referencia puede comprender un primer sensor de engranaje sin contacto (es decir, funciona sin contactos) y un segundo sensor de engranaje sin

contacto. La identificación de al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje puede realizarse después utilizando un método llamado de "mejor ajuste". Esto puede incluir los siguientes pasos:

- 5 determinar las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas del primer engranaje con el primer sensor de engranaje;
- determinar las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas del segundo engranaje con el segundo sensor de engranaje;
- determinar las distancias angulares giratorias de las estructuras dentadas del primer engranaje hasta las estructuras dentadas del segundo engranaje desde las posiciones angulares giratorias determinadas; e
- 10 identificar dicha al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje con base en una comparación de las distancias angulares giratorias con una distancia nominal especificada (punto de ajuste de distancia).

Como un dispositivo de medición de referencia para medir la estructura dentada de referencia, en particular, puede utilizarse un sensor táctil u óptico. Tales sensores permiten la estructura dentada de referencia a medirse con particularmente alta precisión. Si el dispositivo de medición de referencia incluye un sensor táctil, puede comprender una base de sensor y una punta de sonda. En algunas modalidades, la punta de sonda puede extenderse con relación a la base de sensor con objeto de acoplarse al primer engranaje a lo largo de una dirección de introducción preferiblemente radial sin tener que mover todo el sensor táctil. Esto es particularmente ventajoso si el sensor táctil se coloca sobre un soporte de sensor común con otros sensores, especialmente con el dispositivo de identificación de referencia. En otras modalidades, todo el sensor táctil puede moverse o girarse con relación al soporte de sensor con objeto de acoplarlo al primer engranaje.

La medición con un sensor táctil puede realizarse en particular cambiando la posición angular giratoria de la pieza de trabajo hacia atrás y adelante por una pequeña cantidad mientras la punta de sonda se encuentra ubicada junto a un flanco del diente de la estructura dentada de referencia. Las posiciones angulares de la pieza de trabajo en las cuales el flanco izquierdo y derecho de la estructura dentada de referencia se encuentra en contacto con la punta de sonda se determinan después, respectivamente, y, por ejemplo, se calcula un valor promedio a partir de estas posiciones angulares. Opcionalmente, esto puede realizarse en varias posiciones en la dirección del flanco y/o en la dirección del perfil. Sin embargo, para la medición de la estructura dentada de referencia, también pueden utilizarse otros métodos táctiles u ópticos, dado que generalmente se conocen en el campo de la revisión de engranajes.

Además, el método puede comprender la revisión del primer engranaje con un primer sensor de engranaje sin contacto y/o el segundo engranaje con un segundo sensor de engranaje sin contacto mientras la pieza de trabajo gira alrededor del eje de la pieza de trabajo. Esto es particularmente útil si la estructura dentada de referencia se identifica mediante un marcado. En particular, esto permite una revisión de consistencia a realizarse.

En particular, el primer sensor de engranaje puede utilizarse para revisar el primer engranaje antes de medir la estructura dentada de referencia con el dispositivo de medición de referencia, por ejemplo, para detectar errores en la identificación de la estructura dentada de referencia o errores de premecanizado del primer engranaje. La revisión del primer engranaje con el sensor de engranaje puede utilizarse en particular para revisar si el tipo de estructura dentada deseada (por ejemplo, un hueco dentado) está realmente presente en la posición determinada por el dispositivo de identificación de referencia. Si el tipo de estructura dentada deseada no se encuentra presente en la posición determinada, existe un error y el proceso puede detenerse. El primer sensor de engranaje también puede utilizarse para determinar la posición angular giratoria de la estructura dentada de referencia con más precisión que lo que es posible con el marcado solamente. La medición de la estructura dentada de referencia por el dispositivo de medición de referencia puede realizarse después muy específica y correspondientemente a alta velocidad.

El segundo sensor de engranaje puede utilizarse para revisar el segundo engranaje a fin de detectar el premecanizado de errores del segundo engranaje. En particular, es posible detectar las piezas de trabajo sobre las cuales no puede realizarse el mecanizado pretendido o no puede generar el resultado deseado debido a que los errores de premecanizado son muy grandes. En particular, puede evitarse que, en casos extremos, al engranar la herramienta de mecanizado con la pieza de trabajo en la posición angular giratoria determinada con base en el ángulo de giro de referencia determinado, la herramienta de mecanizado se dañe debido a que los errores de premecanizado son muy grandes.

En modalidades ventajosas, el dispositivo de medición de referencia se une a un soporte de sensor. Pueden unirse dispositivos de sensor adicionales al soporte de sensor, en particular al menos parte del dispositivo de identificación de referencia tales como el sensor de marcado y/o uno o más sensores de engranajes. Esto produce una unidad compacta que puede moverse integralmente con relación a la pieza de trabajo.

El soporte de sensor puede ser móvil entre una posición de medición y una posición de estacionamiento, por ejemplo, para permitir la carga y descarga sin colisiones de la pieza de trabajo o para proteger los dispositivos de sensor mencionados con anterioridad contra influencias nocivas por astillas y refrigerante durante el mecanizado de la pieza de trabajo. Este movimiento del soporte de sensor puede lograrse en particular por un movimiento oscilatorio alrededor de un eje giratorio, el cual puede, por ejemplo, extenderse perpendicular o paralelamente al eje de la pieza de trabajo, o por un movimiento traslacional a lo largo de una dirección lineal, la cual puede, por ejemplo, ser radial o paralela al

eje de la pieza de trabajo.

Con objeto de garantizar la precisión más alta posible para determinar la posición angular de referencia incluso si los componentes involucrados se expanden o deforman debido a influencias térmicas, el método puede incluir la determinación de la posición del soporte de sensor con respecto al menos a una dirección espacial en la posición de medición. En particular, la posición del soporte de sensor con relación a la pieza de trabajo puede determinarse en la posición de medición con respecto a una o más de las siguientes direcciones espaciales: una dirección tangencial, la cual se extiende tangencialmente a la pieza de trabajo; una dirección axial, la cual se extiende en paralelo al eje de la pieza de trabajo; y una dirección radial, la cual se extiende radialmente al eje de la pieza de trabajo. Puede proporcionarse un dispositivo de referencia de posición correspondiente para este fin. Un posible dispositivo de referencia de posición se describe más detalladamente a continuación. La posición angular de referencia determinada puede corregirse después por medio de la posición determinada del soporte de sensor en el espacio.

Las posiciones angulares giratorias de la pieza de trabajo pueden diferir entre la identificación de la estructura dentada de referencia y su medición, dado que el dispositivo de identificación de referencia y el dispositivo de medición de referencia no necesariamente se encuentran alineados entre sí. La diferencia correspondiente en el ángulo de giro puede calibrarse con ayuda de una pieza de trabajo maestra, es decir, con una pieza de trabajo que corresponde exactamente al diseño deseado de la pieza de trabajo. Las posiciones angulares giratorias relativas de la pieza de trabajo durante la medición de la estructura dentada de referencia y el mecanizado de la pieza de trabajo, así como también la posición angular giratoria relativa de la herramienta también pueden calibrarse de esta manera. Las posiciones angulares de sensores adicionales también pueden calibrarse con la pieza de trabajo maestra.

La colocación de los diversos dispositivos de sensor en el soporte de sensor (dispositivo de identificación de referencia, dispositivo de medición de referencia, etc.) puede realizarse con ayuda de un calibrador. El calibrador puede corresponder, por ejemplo, geométricamente a una pieza de trabajo en bruto cuya geometría se selecciona como la pieza de trabajo a mecanizarse, pero que no tiene ningún engranaje premeccanizado, y en la cual hay un determinado huelgo de, por ejemplo, 0.1 mm en la dirección de los dispositivos de sensor. Los dispositivos de sensor pueden colocarse después al hacer que contacten con este calibrador.

El método propuesto es igualmente adecuado para engranajes externos e internos. En particular, son posibles las siguientes combinaciones:

Tanto el primer engranaje como el segundo engranaje son engranajes externos; en este caso, el dispositivo de medición de referencia apunta hacia adentro en la posición de medición, es decir, en la dirección del eje de la pieza de trabajo, y si se encuentran presentes los sensores de engranajes, también apuntan hacia adentro en la posición de medición.

Tanto el primer engranaje como el segundo engranaje son engranajes internos; en este caso el dispositivo de medición de referencia apunta hacia afuera en la posición de medición, es decir, lejos del eje de la pieza de trabajo, y si se encuentran presentes los sensores de engranajes, también apuntan hacia afuera en la posición de medición.

El primer engranaje es un engranaje interno y el segundo engranaje es un engranaje externo; en este caso el dispositivo de medición de referencia apunta hacia afuera en la posición de medición, y si se encuentran presentes los sensores de engranajes, el primer sensor de engranaje apunta hacia afuera y el segundo sensor de engranaje apunta hacia adentro en la posición de medición.

El primer engranaje es un engranaje externo y el segundo engranaje es un engranaje interno; en este caso, el dispositivo de medición de referencia apunta hacia adentro en la posición de medición, y si se encuentran presentes los sensores de engranajes, el primer sensor de engranaje apunta hacia adentro y el segundo sensor de engranaje apunta hacia afuera en la posición de medición.

En un segundo aspecto, la presente invención proporciona un dispositivo de colocación para determinar una posición angular giratoria de referencia de una pieza de trabajo. Nuevamente, la pieza de trabajo tiene un primer y segundo engranaje. El dispositivo de colocación comprende:

- un dispositivo de identificación de referencia configurado para identificar sin contacto al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje; y
- un dispositivo de medición de referencia configurado para medir la estructura dentada de referencia del primer engranaje identificado por el dispositivo de identificación de referencia con objeto de determinar la posición angular giratoria de referencia de la pieza de trabajo.

El dispositivo de colocación puede diseñarse específicamente para utilizarse en los métodos descritos con anterioridad.

Como ya se mencionó con anterioridad, el dispositivo de identificación de referencia puede incluir un dispositivo de detección de marcado que se configura para detectar un marcado en la pieza de trabajo sin contacto. El dispositivo

de detección de marcado puede comprender primer y segundo sensores de marcado, en donde el primer y segundo sensores de marcado pueden colocarse uno detrás del otro o lado a lado con respecto a una dirección circunferencial de la pieza de trabajo.

5 Como ya se mencionó con anterioridad, el dispositivo de identificación de referencia puede comprender alternativa o adicionalmente:

- un primer sensor de engranaje sin contacto para determinar las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas del primer engranaje; y
- 10 un segundo sensor de engranaje sin contacto para determinar posiciones angulares de giro de las estructuras dentadas del segundo engranaje.

Como se mencionó con anterioridad, el dispositivo de medición de referencia puede comprender un sensor táctil u óptico. El sensor táctil puede comprender una punta de sonda que puede extenderse con relación a una base de sensor que se acopla con el primer engranaje a lo largo de una dirección de introducción preferiblemente radial. Alternativa o adicionalmente, el sensor táctil puede ser linealmente móvil o pivotante con respecto a una base de sensor para acoplarla con el primer engranaje.

Si el dispositivo de colocación incluye un primer y/o segundo sensor de engranaje, es ventajoso si el primer y/o segundo sensor de engranaje se desplaza del dispositivo de medición de referencia a lo largo de una dirección circunferencial de la pieza de trabajo. Esto evita tener que mover el dispositivo de colocación entre el uso de los sensores de engranajes y el uso del dispositivo de medición de referencia. En particular, es ventajoso si el primer y/o segundo sensor de engranaje define una dirección de medición radial que se encuentra en un ángulo a la dirección de introducción de la punta de sonda, preferiblemente tanto con la dirección de introducción radial de la punta de sonda y la dirección de medición radial es paralela a un plano normal al eje de la pieza de trabajo.

El dispositivo de detección de marcado, si se encuentra presente, puede definir una dirección de detección de la punta de sonda, por ejemplo, perpendicular a ella. Sin embargo, también son posibles otras configuraciones, la configuración exacta dependiendo fuertemente de la posición del marcado en la pieza de trabajo.

Como ya se mencionó con anterioridad, el dispositivo de colocación puede comprender un soporte de sensor sobre el cual se monta el dispositivo de medición de referencia. Preferiblemente al menos parte del dispositivo de identificación de referencia también se une al soporte de sensor. El soporte de sensor puede conectarse móvilmente a un elemento de base con objeto de mover el soporte de sensor entre una posición de estacionamiento y una posición de medición, en particular al girarlo alrededor de un eje giratorio que se extiende, por ejemplo, perpendicularmente o en paralela al eje de la pieza de trabajo o al moverlo linealmente a lo largo de una dirección lineal que se extiende, por ejemplo, radial o paralelamente al eje de la pieza de trabajo.

El dispositivo de colocación puede ser parte de una máquina herramienta para mecanizar el segundo engranaje. La máquina herramienta puede comprender un soporte de la pieza de trabajo y al menos un husillo de la pieza de trabajo montado sobre la misma, el husillo de la pieza de trabajo se configura para recibir la pieza de trabajo para girar alrededor del eje de la pieza de trabajo. La máquina herramienta también puede comprender un pedestal de la máquina. El soporte de la pieza de trabajo puede ser parte del pedestal de la máquina o conectarse rigidamente a ella, o puede ser móvil con relación al pedestal de la máquina, en particular, girar alrededor de un soporte del eje de la pieza de trabajo.

Si el soporte de la pieza de trabajo es móvil con relación al pedestal de la máquina y el soporte de sensor se conecta móvilmente a un elemento de base, puede ser ventajoso si el elemento de base se encuentra ubicado sobre el pedestal de la máquina, es decir, si el dispositivo de colocación no se mueve con el soporte de la pieza de trabajo.

Si un dispositivo de referencia de posición se encuentra disponible, puede comprender al menos un objetivo de referencia de posición y al menos un sensor de referencia de posición. En este caso es ventajoso si cualquier de dicho al menos un objetivo de referencia de posición se conecta con el soporte de la pieza de trabajo y dicho al menos un sensor de referencia de posición con el soporte de sensor, o dicho al menos un objetivo de referencia de posición se conecta con el soporte de sensor y dicho al menos un sensor de referencia de posición con el soporte de la pieza de trabajo.

También es posible ajustar el dispositivo de colocación, especialmente el soporte de sensor, sobre el soporte de la pieza de trabajo de manera tal que se mueve junto con el soporte de la pieza de trabajo. Esto tiene la ventaja de que la identificación y medición de la estructura dentada de referencia puede realizarse no solamente mientras el soporte de la pieza de trabajo es estacionario, sino también mientras el soporte de la pieza de trabajo se está moviendo. Por lo tanto, pueden minimizarse los tiempos no productivos. Si el soporte de la pieza de trabajo puede girarse alrededor de un soporte del eje de la pieza de trabajo con relación al pedestal de la máquina, puede ser ventajoso si el soporte de sensor se coloca sobre el soporte de la pieza de trabajo en una ubicación radialmente entre el soporte del eje de la pieza de trabajo y el eje de la pieza de trabajo.

La máquina herramienta también puede comprender un husillo de la herramienta configurado para recibir una herramienta de mecanizado para girar alrededor de un eje de la herramienta. También puede comprender un dispositivo de control configurado para realizar las operaciones descritas con anterioridad. En particular, el dispositivo de control puede configurarse para mover el soporte de sensor entre la posición de estacionamiento y la posición de medición, en particular para girarlo o moverlo linealmente. El dispositivo de control también puede configurarse para determinar la posición del soporte de sensor con relación a la pieza de trabajo en la posición de medición por medio del dispositivo de referencia de posición con respecto al menos a una dirección espacial, en particular la dirección tangencial, dirección axial y/o dirección radial mencionadas con anterioridad. El dispositivo de control también puede configurarse para mover la punta de sonda del sensor táctil con relación al soporte de sensor a lo largo de la dirección de introducción con objeto de introducir la punta de sonda dentro del primer engranaje. Además, el dispositivo de control puede configurarse para medir el primer engranaje con el primer sensor de engranaje sin contacto antes de que el sensor táctil se engrane con el primer engranaje, y/o para medir el segundo engranaje con el segundo sensor de engranaje sin contacto para detectar errores de premecanizado del segundo engranaje.

Descripción de las figuras

Las modalidades preferidas de la invención se describen a continuación con referencia a las figuras, las cuales sirven únicamente para explicación y no deben interpretarse como limitantes. En las figuras:

- La FIG. 1 muestra una vista en perspectiva esquemática de una máquina de acabado con un dispositivo de colocación de acuerdo con una primera modalidad en una posición de medición;
- La FIG. 2 muestra una vista en perspectiva del dispositivo de colocación de acuerdo con la primera modalidad en una posición de estacionamiento;
- La FIG. 3 muestra una vista en perspectiva del dispositivo de colocación de acuerdo con la primera modalidad en la posición de medición;
- La FIG. 4 muestra una vista amplificada del detalle IV en la FIG. 3;
- La FIG. 5 muestra una vista en planta del dispositivo de colocación de acuerdo con la primera modalidad en la posición de medición, con la punta de sonda contraída;
- La FIG. 6 muestra una vista en planta del dispositivo de colocación de acuerdo con la primera modalidad en la posición de medición, con la punta de sonda extendida;
- La FIG. 7 muestra un diagrama de flujo para un método a manera de ejemplo para mecanizar una pieza de trabajo;
- La FIG. 8 muestra una vista en planta de un dispositivo de colocación de acuerdo con una segunda modalidad en una posición de medición, una posición de estacionamiento que se indica por líneas discontinuas;
- La FIG. 9 muestra una vista lateral de un dispositivo de colocación de acuerdo con una tercera modalidad en una posición de medición;
- La FIG. 10 muestra una vista lateral de un dispositivo de colocación de acuerdo con una cuarta modalidad en una posición de medición;
- La FIG. 11 muestra una vista en planta del dispositivo de colocación de la cuarta modalidad en la posición de medición;
- La FIG. 12 muestra una vista en planta del dispositivo de colocación de la cuarta modalidad en una posición de estacionamiento;
- La FIG. 13 muestra una vista en perspectiva esquemática de una máquina de acabado con un dispositivo de colocación de acuerdo con una quinta modalidad;
- La FIG. 14 muestra una vista amplificada del dispositivo de colocación de la quinta modalidad con punta de sonda contraída;
- La FIG. 15 muestra una vista de la quinta modalidad con la punta de sonda extendida;
- La FIG. 16 muestra una vista en perspectiva de un dispositivo de colocación de acuerdo con una sexta modalidad;
- La FIG. 17 muestra una vista amplificada del detalle XVII en la FIG. 16;
- La FIG. 18 muestra una vista en perspectiva de un dispositivo de colocación de acuerdo con una séptima modalidad;
- La FIG. 19 muestra una vista amplificada del detalle XIX en la FIG. 18;
- La FIG. 20 muestra un diagrama el cual ilustra el transcurso del tiempo de las señales de sensor del dispositivo de detección de marcado del dispositivo de colocación de acuerdo con la sexta modalidad;
- La FIG. 21 muestra un diagrama que ilustra el transcurso del tiempo de la diferencia de las señales del sensor de la FIG. 20 a manera de ejemplo;
- La FIG. 22 muestra una vista esquemática de un engranaje doble para ilustrar un método "de mejor ajuste";
- La FIG. 23 muestra una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo de colocación de acuerdo con una octava modalidad en una posición de estacionamiento;
- La FIG. 24 muestra una vista amplificada del detalle A en la FIG. 23;
- La FIG. 25 muestra una vista esquemática lateral del dispositivo de colocación de la FIG. 23 en una posición de medición;
- La FIG. 26 muestra una vista esquemática en planta del dispositivo de colocación de la octava modalidad en la posición de medición;
- La FIG. 27 muestra una vista en perspectiva esquemática del dispositivo de colocación de acuerdo con la octava modalidad en la posición de estacionamiento, con un dispositivo de referencia de posición adicional;
- La FIG. 28 muestra una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo de colocación de acuerdo con una

novena modalidad en una posición de estacionamiento;

La FIG. 29 muestra una vista en perspectiva esquemática del dispositivo de colocación de acuerdo con la novena modalidad en una posición de medición;

La FIG. 30 muestra una vista esquemática lateral del dispositivo de colocación de acuerdo con la novena modalidad en la posición de medición, con un corte para mostrar el dispositivo de medición de referencia en una posición girada hacia afuera;

La FIG. 31 muestra una vista esquemática lateral del dispositivo de colocación de acuerdo con la novena modalidad en la posición de medición, con un corte para mostrar el dispositivo de medición de referencia en una posición girada hacia adentro;

La FIG. 32 muestra una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo de colocación de acuerdo con una décima modalidad en una posición de estacionamiento;

La FIG. 33 muestra una vista en perspectiva esquemática del dispositivo de colocación de acuerdo con la décima modalidad en una posición de medición;

La FIG. 34 muestra una vista en perspectiva esquemática de una máquina de biselado de engranajes con un dispositivo de colocación de acuerdo con una undécima modalidad en una posición de medición;

La FIG. 35 muestra una vista detallada amplificada en el área XXXV de la FIG. 34; y

La FIG. 36 muestra una vista en perspectiva esquemática de un dispositivo de colocación de acuerdo con una duodécima modalidad en una posición de estacionamiento.

Descripción detallada de la invención

Estructura de una máquina de acabado a manera de ejemplo

La FIG. 1 muestra una máquina de acabado para el acabado fino de engranajes por rectificación. La máquina comprende un pedestal de la máquina 10 sobre las cuales se coloca un portaherramientas 20 a fin de ser móvil a lo largo de una dirección de alimentación horizontal X. Una corredera Z 21 se coloca sobre el portaherramientas 20 y puede moverse a lo largo de una dirección vertical Z. Una corredera Y 22 se coloca sobre la corredera Z 21, la cual, por un lado, puede girarse con relación a la corredera Z 21 alrededor de un eje giratorio horizontal no mostrado en la FIG. 1, la cual se extiende en paralelo al eje X, y, por otro lado, puede moverse a lo largo de una dirección de desplazamiento Y, la cual se extiende perpendicular al eje X y en un ángulo ajustable al eje Z. La corredera Y 22 lleva un husillo de la herramienta 30, sobre el cual se sujeta una herramienta de acabado en forma de engranaje helicoidal abrasivo 31. El husillo de la herramienta 30 comprende un accionamiento de husillo de la herramienta 32 para accionar el engranaje helicoidal abrasivo 31 para girar alrededor de un eje de husillo de la herramienta.

Un soporte giratorio de la pieza de trabajo en forma de torreta 40 se coloca sobre el pedestal de la máquina 10. La torreta 40 puede girarse alrededor de un vertical eje giratorio C3 entre una pluralidad de posiciones de giro. Lleva dos husillos de la pieza de trabajo 50, sobre cada uno de los cuales puede sujetarse una pieza de trabajo 60. Una contracolumna 51 lleva una contrapunta verticalmente móvil 52 para cada husillo de la pieza de trabajo. Cada uno de los husillos de la pieza de trabajo 50 puede accionarse para girar alrededor del eje de una pieza de trabajo. En la FIG. 1, el eje de la pieza de trabajo del husillo de la pieza de trabajo 50 visible se marca C1. Los dos husillos de la pieza de trabajo se encuentran ubicados sobre la torreta 40 en posiciones diametralmente opuestas (es decir, desplazadas 180° con respecto al eje giratorio C3). De esta manera, uno de los dos husillos de la pieza de trabajo puede cargarse y descargarse, mientras que en el otro husillo de la pieza de trabajo una pieza de trabajo se mecaniza por el engranaje helicoidal abrasivo 31. Esto impide en buena medida los indeseables tiempos no productivos. Tal concepto de máquina se conoce a partir de la patente WO 00/035621 A1, por ejemplo.

La pieza de trabajo 60 tiene dos engranajes externos. Un dispositivo de colocación 100, el cual se describe más detalladamente a continuación, se utiliza para alinear la pieza de trabajo 60 con respecto a su posición angular alrededor del eje de la pieza de trabajo C1 de manera tal que el más largo de los dos engranajes puede acoplarse sin colisiones con el engranaje helicoidal abrasivo 31 y este engranaje puede mecanizarse posteriormente de manera tal que, luego de mecanizarse, asume una posición angular determinado con anterioridad con relación al otro engranaje con alta precisión.

La máquina comprende un controlador de máquina mostrado simbólicamente 70, el cual comprende varios módulos de control 71 y un panel de control 72. Cada uno de los módulos de control 71 controla un eje de la máquina y/o recibe señales provenientes de los sensores. En este ejemplo, al menos uno de los módulos de control 71 se configura para interactuar con los sensores del dispositivo de colocación 100 descrito más detalladamente a continuación.

Pieza de trabajo con dos engranajes externos: Dispositivo de colocación con eje giratorio horizontal

Las FIGS. 2 a 6 muestran un dispositivo de colocación 100 de acuerdo con una primera modalidad junto con la pieza de trabajo 60 sujeta sobre el husillo de la pieza de trabajo 50.

Como se muestra en las FIGS. 2 y 3 en particular, la pieza de trabajo 60, que se muestra en el presente documento a manera de ejemplo, tiene una flecha sobre la cuales se forman dos engranajes rectos de diferentes tamaños en posiciones axialmente diferentes. Los engranajes rectos se forman en una pieza con la flecha. El menor de los dos

engranajes rectos tiene un primer engranaje 61. Este engranaje también se denomina engranaje de referencia en lo sucesivo. El mayor de los dos engranajes rectos tiene un segundo engranaje 62. Este engranaje se mecaniza con la máquina de acabado. En este ejemplo, los engranajes 61,62 difieren no solamente en el diámetro circular de su punta sino también en la cantidad de dientes. Este ejemplo muestra engranajes rectos, pero los engranajes también pueden ser engranajes helicoidales. En este ejemplo, ambos engranajes se extienden completamente alrededor del eje de la pieza de trabajo; sin embargo, también puede formarse uno o ambos engranajes únicamente en segmentos.

La pieza de trabajo 60 también tiene un marcado. En este ejemplo, el marcado se forma por un orificio 63, el cual se forma en el mayor de los dos engranajes rectos en un área radialmente dentro del segundo engranaje 62 y se extiende en paralelo al eje de la pieza de trabajo C1. También son posibles otros tipos de marcados, por ejemplo, un estampado, un chaflán, una proyección, un marcado de color, etc. El marcado también puede formarse en una ubicación diferente sobre la pieza de trabajo. Por ejemplo, un orificio puede extenderse diametralmente a través de la flecha, o la flecha puede tener un chaflán. Son posibles muchas otras variaciones.

El dispositivo de colocación 100 comprende un elemento de base 110, el cual se conecta al pedestal de la máquina 10 en la máquina de acabado mostrada en la FIG. 1. Un soporte de sensor 112 en forma de brazo articulado se une al elemento de base 110. El soporte de sensor 112 puede pivotarse con relación al elemento de base 110 y, por consiguiente, con relación al pedestal de la máquina 10 alrededor de un eje horizontal C5 entre una posición de estacionamiento (FIG. 2) y una posición de medición (FIGS. 3 a 6).

El soporte de sensor 112 lleva dos sensores de engranajes 121, 122, el primer sensor de engranaje 121 se dirige a lo largo de una dirección de medición radial R hacia el engranaje de referencia 61 y el segundo sensor de engranaje 122 se alinea a lo largo de la dirección de medición radial R hacia el engranaje 62 a mecanizarse. Los sensores de engranajes 121,122 son, por ejemplo, sensores de distancia inductivos o capacitivos, los cuales detectan por una medición de distancia si están alineados a una punta dentada o un hueco dentado. Los sensores de engranajes 121,122 permiten así una revisión rápida de los engranajes 61, 62 y una determinación de las posiciones de todos los huecos dentados mientras la pieza de trabajo 60 gira.

El soporte de sensor 112 lleva además un dispositivo de detección de marcado 130, el cual en el presente ejemplo consiste en un solo sensor de marcado 131 (ver la FIG. 4). En el presente ejemplo, el sensor de marcado 131 se configura como un sensor de distancia inductivo o capacitivo, similar a los sensores de engranajes 121, 122. Se alinea con la cara de la pieza de trabajo 60 en la cual se forma el orificio 63. Cuando la pieza de trabajo 60 gira, el sensor de marcado 131 registra un cambio de distancia a lo largo de una dirección de detección de marcado M cuando el orificio lo pasa. Con base en ello, el control de la máquina 70 puede determinar el ángulo de giro de la pieza de trabajo 60 en el cual el orificio 63 se alinea con el sensor de marcado 131. Dependiendo del tipo y la ubicación del marcado, también pueden utilizarse otros sensores de marcado, por ejemplo, un sensor óptico. El sensor de marcado permite identificar inequívocamente una estructura dentada de referencia, en particular un diente de referencia o un hueco dentado de referencia, en el engranaje de referencia 61 con base en la posición del marcado.

El soporte de sensor 112 lleva además un dispositivo de medición de referencia 140 para medir la estructura dentada de referencia y, por consiguiente, determinar una posición angular de referencia de la pieza de trabajo 60 con alta precisión. El dispositivo de medición de referencia 140 se dirige radialmente hacia el eje de la pieza de trabajo C1. En el presente ejemplo, el dispositivo de medición de referencia 140 se configura como un sensor táctil. El sensor táctil tiene un base que se conecta al soporte de sensor 112 y una punta de sonda 141 que puede extenderse y contraerse con relación a la base entre una posición contraída (ver la FIG. 5) y una posición extendida (ver la FIG. 6). Esto le permite a la punta de sonda 141 contraerse a lo largo de una dirección de introducción E dentro del engranaje de referencia 61 sin tener que mover el soporte de sensor 112. La dirección de introducción E corresponde en el presente documento a una dirección radial con respecto al eje de la pieza de trabajo C1. Sin embargo, el dispositivo de medición de referencia 140 también puede diseñarse de otra manera, por ejemplo, como un sensor óptico.

Por último, el soporte de sensor 112 lleva un sensor de posición tangencial 152, el cual se alinea con un objetivo de referencia de posición 151 colocado sobre la torreta 40 mediante un soporte de referencia 42. El sensor de posición tangencial 152 se configura como un sensor de distancia, similar a los sensores de engranajes 121, 122 y el sensor de marcado 131. En la posición de medición, mide una distancia del sensor de posición tangencial 152 al objetivo de referencia de posición 151 a lo largo de una dirección tangencial T con respecto a la pieza de trabajo 60. Con base en la distancia medida, pueden corregirse los errores de medición de la posición angular de referencia debido a los cambios de largo y a las distorsiones ocasionadas por efectos térmicos, lo cual ocasiona que el dispositivo de medición de referencia 140 ya no se dirija con exactitud radialmente hacia el eje de la pieza de trabajo C1. Esto puede mejorar la precisión de la posición determinada angular de referencia. Alternativamente, el sensor de posición tangencial 152 y el objetivo de referencia de posición 151 pueden intercambiarse.

Mecanizado de una pieza de trabajo

La FIG. 7 ilustra un diagrama de flujo a manera de ejemplo para mecanizar la pieza de trabajo 60 con la máquina de acabado mostrada en la FIG. 1.

En el paso 301, la pieza de trabajo 60 se sujeta sobre el husillo de la pieza de trabajo 50. En el paso 302, el soporte de sensor 112 se mueve desde la posición de estacionamiento de la FIG. 2 hasta la posición de medición de las FIGS. 3 a 6. En el paso 303, la posición tangencial del soporte de sensor 112 se determina utilizando el sensor de posición tangencial 152, y un valor de corrección para la posición del ángulo giratorio de referencia a determinarse se deriva a partir de esto. En el paso 304, la posición del orificio 63 se determina utilizando el dispositivo de detección de marcado 130. En el paso 305, la estructura dentada de referencia se identifica con esta base.

En el paso 306, los dos engranajes 61, 62 se revisan con ayuda de los sensores de engranajes 121, 122. Por una parte, se realiza una revisión de consistencia para determinar si el tipo deseado de estructura dentada realmente se encuentra presente en la posición en dónde debe ubicarse la estructura dentada de referencia de acuerdo con el marcado. De otra manera, el proceso se detiene y se genera un mensaje de error. Por otra parte, se realiza una verificación para ver cómo el segundo engranaje se alinea con relación al primer engranaje. Para este fin, por un lado, se realiza una verificación para ver si una estructura dentada del segundo engranaje se alinea con la estructura dentada de referencia dentro de las tolerancias aceptables; por otro lado, se realiza una verificación para errores de premecanizado. Si esta verificación muestra que el segundo engranaje puede mecanizarse exitosamente, el proceso continúa. De otra manera, la operación se detiene y la pieza de trabajo se descarta como una pieza NIO ("not in order" - "no apta").

La estructura dentada de referencia se mide ahora en el paso 307. Para hacer esto, la pieza de trabajo 60 se lleva a una posición angular giratoria en la cual la punta de sonda 131 puede moverse hacia la estructura dentada de referencia, utilizando el husillo de la pieza de trabajo 50. La estructura dentada de referencia se mide ahora utilizando un procedimiento que se conoce a partir de la revisión de engranajes al revisar en cuáles posiciones angulares de la pieza de trabajo la punta de sonda 131 toca los flancos izquierdo y derecho de la estructura dentada de referencia. A partir de esto se determina la posición angular de referencia de la pieza de trabajo.

En el paso 308, el ángulo de acoplamiento de rodamiento entre la pieza de trabajo 60 y el engranaje helicoidal abrasivo 31 se determina con esta base. El soporte de sensor 112 retrocede dentro de la posición de estacionamiento, y la torreta 40 gira 180° alrededor del eje C3 para llevar el husillo de la pieza de trabajo 50 a la posición de mecanizado. Ahora, en el paso 309, el engranaje a mecanizarse 62 de la pieza de trabajo 60 se mecaniza con el engranaje helicoidal abrasivo 31. La torreta 40 gira ahora nuevamente 180°, y la pieza de trabajo mecanizada 60 se extrae en el paso 310. El engranaje mecanizado 62 se alinea ahora exactamente con referencia al engranaje de referencia 61 de la manera deseada.

Por supuesto, son posibles diversas modificaciones a este diagrama de flujo a manera de ejemplo.

Pieza de trabajo con dos engranajes externos: Dispositivo de colocación con eje giratorio vertical

La FIG. 8 muestra un dispositivo de colocación de acuerdo con una segunda modalidad. Los componentes con la misma función o similar se marcan con los mismos signos de referencia que en las FIGS. 1 a 6. Este dispositivo de colocación difiere del dispositivo de colocación en las FIGS. 1 a 6 en las que el soporte de sensor 112 puede girarse no alrededor de un eje horizontal, sino alrededor de un eje vertical C6 con relación al elemento de base 110. Esto es particularmente ventajoso si la pieza de trabajo 60 debe sujetarse de manera tal que el más largo de los dos engranajes 61,62 se encuentra ubicado sobre el engranaje más pequeño. Entonces, ya no es posible girar el soporte de sensor 112 sin colisiones alrededor de un eje horizontal.

Esto se ilustra en la FIG. 9, la cual muestra un dispositivo de colocación de acuerdo con una tercera modalidad. Los componentes con la misma función o similar se marca nuevamente con los mismos signos de referencia que en las FIGS. 1 a 6. La pieza de trabajo 60 ahora está de cabeza con relación a la modalidad mostrada en la FIG. 8. La colocación de los diversos dispositivos de sensor en el soporte de sensor 112 se adapta convenientemente. Puede observarse que el soporte de sensor 112 puede girarse hacia adentro y hacia afuera alrededor del eje vertical C6 sin colisiones.

Pieza de trabajo con dos engranajes externos: Dispositivo de colocación con eje de desplazamiento lineal

Alternativamente, también es posible mover el soporte de sensor. Esto se ilustra en las FIGS. 10 a 12, las cuales muestran un dispositivo de colocación de acuerdo con una cuarta modalidad. El soporte de sensor 112 puede moverse linealmente entre una posición de medición (FIG. 11) y una posición de estacionamiento (FIG. 12). La dirección de desplazamiento lineal V coincide en el presente documento con la dirección de introducción E de la punta de sonda 141. Sin embargo, el movimiento de contracción y extensión de la punta de sonda 141 aún es independiente del desplazamiento del soporte de sensor 112.

Pieza de trabajo con dos engranajes externos: Dispositivo de colocación sobre la torreta

También es posible unir el dispositivo de colocación a la torreta 40. Esto permite minimizar aún más los tiempos no productivos. Esto se ilustra en las FIGS. 13 a 15, las cuales muestran una máquina de acabado con un dispositivo de colocación de acuerdo con una quinta modalidad. Los componentes con la misma función o similar se marca

nuevamente con los mismos signos de referencia que en las FIGS. 1 a 6. En el presente documento, el soporte de sensor 112 se une a la torreta 40 y puede moverse con relación a la misma a lo largo de la dirección vertical. La punta de sonda 141 también puede introducirse aquí radialmente al eje de la pieza de trabajo C1, es decir, horizontalmente, dentro del engranaje de referencia.

Detección de marcado por formación de diferencia

Las FIGS. 16 y 17 ilustran un dispositivo de colocación de acuerdo con una sexta modalidad, cuyo dispositivo de detección de marcado 130 comprende dos sensores de marcado 131, 132. Los sensores de marcado son nuevamente sensores de distancia inductivos o capacitivos, los cuales determinan la distancia desde el costado frontal del sensor respectivo hasta la superficie opuesta de la pieza de trabajo. Cada uno de ellos genera una señal que indica la distancia medida. Los dos sensores de marcado 131, 132 se colocan lado a lado con respecto a la dirección circunferencial de la pieza de trabajo, es decir, uno detrás del otro con respecto a la dirección radial. Cuando la pieza de trabajo gira, el orificio 63 pasa el sensor de marcado exterior 131, mientras el sensor de marcado interior 132 permanece sin cambios por el orificio.

Alternativamente, los sensores de marcado 131, 132 también pueden colocarse uno detrás del otro con respecto a la dirección circunferencial de la pieza de trabajo, es decir, sobre el mismo radio con respecto al eje de la pieza de trabajo. Una séptima modalidad correspondiente se ilustra en las FIGS. 18 y 19. En este caso, los dos sensores de marcado detectan el orificio uno después del otro.

Las señales generadas resultantes de la sexta modalidad se ilustran a manera de ejemplo en la FIG. 20. En este ejemplo, la pieza de trabajo se sujeta con un error de excentricidad axial relativamente grande. Debido al error de excentricidad axial, ambos sensores de marcado registran una señal sinusoidal 210, 220, cuya frecuencia corresponde a la frecuencia de giro de la pieza de trabajo. La señal 210 del primer sensor de marcado 131 también tiene un pico 211, el cual es ocasionado por el orificio pasante 63. El pico indica la posición angular giratoria en la cual el orificio 63 se encuentra opuesto al sensor de marcado 131. Dado que el orificio 63 tiene un diámetro relativamente pequeño, el cual es menor que el área de sensor activa 131, esta señal es relativamente pequeña en comparación con la amplitud del componente sinusoidal. Por lo tanto, no siempre es fácil detectar el pico con métodos convencionales de procesamiento de señales.

A fin de facilitar una identificación única del pico, puede formarse la diferencia de las señales 210, 220 de los dos sensores de marcado 131, 132. La señal de diferencia se muestra en la FIG. 21. La señal de diferencia 230 tiene ahora un pico 231 el cual excede claramente la señal sinusoidal residual superpuesta y el ruido. El pico puede detectarse ahora, por ejemplo, por simple formación de umbrales.

En la séptima modalidad, la formación de diferencia genera dos picos con signos opuestos, los cuales se siguen entre sí en el tiempo. Estos dos picos también pueden detectarse confiablemente.

Identificación de una estructura dentada de referencia utilizando un método de "mejor ajuste"

En lugar de utilizar un marcado, la estructura dentada de referencia puede identificarse utilizando un método "de mejor ajuste". Esto se ilustra en la FIG. 22.

En primer lugar, las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas del primer engranaje 61 se determinan con un primer sensor de engranaje y las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas del segundo engranaje 62 se determinan con un segundo sensor de engranaje. Después, se determinan las distancias angulares giratorias entre las estructuras dentadas del primer engranaje 61 y las estructuras dentadas del segundo engranaje 62. Estas distancias angulares giratorias se comparan con un punto de ajuste de distancia especificado. El sistema busca la estructura dentada del primer engranaje 61 cuya distancia angular giratoria a cualquier estructura dentada del segundo engranaje 62 corresponde con el punto de ajuste de distancia especificado con la mejor precisión ("de mejor ajuste"). Por ejemplo, el sistema busca la estructura dentada del primer engranaje 61 que tiene la distancia angular giratoria mínima a una estructura dentada del segundo engranaje 62, es decir, se alinea con tanta precisión como sea posible con una estructura dentada del segundo engranaje 62. En la FIG. 22, este es el hueco dentado 301, el cual prácticamente se alinea a la perfección con el hueco dentado 302 del segundo engranaje 62, y la distancia angular giratoria desde todos los demás huecos dentados de primer engranaje 61 hasta el siguiente hueco dentado del segundo engranaje 62 es mayor que para el par de huecos dentados 301, 302. Por lo tanto, el hueco dentado 301 se identifica como el hueco dentado de referencia.

Si la fracción de la cantidad de dientes de las dos estructuras dentadas puede reducirse, existen varias estructuras dentadas del primer engranaje el cual, bajo condiciones ideales, tienen la misma distancia angular giratoria hacia una estructura dentada del segundo engranaje. En otras palabras, por ejemplo, si el primer engranaje tiene una cantidad de dientes de kN_1 y el segundo engranaje tiene una cantidad de dientes de kN_2 , en donde k , N_1 y N_2 son números naturales mayores que 1, y en donde N_1 y N_2 no tienen un divisor primo común excepto 1, existen teóricamente k ángulos giratorios de la pieza de trabajo en donde las estructuras dentadas del primer y segundo engranajes tienen la misma distancia angular giratoria. En este caso, cuando se determina el "Mejor Ajuste", la desviación de la distancia

angular giratoria desde el punto de ajuste de distancia puede promediarse sobre k estructuras dentadas en las distancias angulares giratorias de $2\pi/k$.

Pieza de trabajo con dos engranajes internos: Dispositivo de colocación con eje giratorio horizontal

Las FIGS. 23 a 27 muestran un dispositivo de colocación de acuerdo con una octava modalidad. Los componentes con la misma función o similar se marcan nuevamente con los mismos signos de referencia que en las FIGS. 1 a 6. El dispositivo de colocación de la octava modalidad se configura para determinar una posición angular giratoria de referencia de una pieza de trabajo de doble engranaje 60 cuyo engranaje de referencia 61 y el engranaje 62 a mecanizarse se configuran ambos como engranajes internos.

La pieza de trabajo 60 lleva nuevamente un marcado 63 en forma de un orificio (ver la FIG. 24). En este ejemplo, este orificio se forma radialmente hacia afuera del engranaje de referencia 61 y radialmente dentro del engranaje 62 a mecanizarse y se extiende en paralelo al eje de la pieza de trabajo C1.

El dispositivo de colocación de la octava modalidad básicamente es similar al dispositivo de colocación del primero modalidad. Nuevamente comprende un elemento de base 110 el cual se conecta a un pedestal de la máquina o soporte de la pieza de trabajo de una máquina de acabado. Un soporte de sensor 112 en forma de un brazo articulado se une a este elemento de base 110. El soporte de sensor 112 puede girarse nuevamente con relación al elemento de base 110 alrededor de un eje giratorio horizontal C5 entre una posición de estacionamiento (FIGS. 22, 27) y una posición de medición (FIGS. 25, 26).

El soporte de sensor 112 lleva nuevamente dos sensores de engranajes 121, 122, los cuales se dirigen radialmente hacia afuera en dirección de los engranajes orientados hacia adentro 61, 62.

El soporte de sensor 112 lleva además un dispositivo de detección de marcado 130, el cual, en el presente documento, como en la primera versión, comprende solamente un sensor de marcado (ver las FIGS. 25 a 27).

Además, el soporte de sensor 112 lleva un dispositivo de medición de referencia 140, el cual en el presente documento se configura nuevamente como un sensor táctil con una punta de sonda 141. A diferencia de la punta de sonda recta de la primera modalidad, la punta de sonda 141 aquí es angulada. En la dirección de su extremo libre tiene una sección de sonda la cual se orienta horizontalmente en la posición de medición y está diseñada para introducirse radialmente en huecos dentados del engranaje de referencia 61. También tiene una sección de conexión en la cual se orienta verticalmente en la posición de medición y conecta la punta de sonda a una base del dispositivo de medición de referencia 140. La sección de conexión y la sección de sonda se conectan por una sección curvada. Con objeto de introducir la punta de sonda 141 con su sección de sonda dentro de los espacios dentados del engranaje de referencia, la base del dispositivo de medición de referencia se coloca sobre una corredera lineal 142. La corredera lineal 142 puede moverse linealmente en el soporte de sensor 112 a lo largo de una dirección de introducción E. La dirección de introducción es radial en la posición de medición.

La FIG. 27 también muestra un dispositivo de referencia de posición opcional. Al igual que con las modalidades descritas con anterioridad, un sensor de posición tangencial 152 en el soporte de sensor 112 interactúa aquí con un objetivo de referencia de posición 151 sobre un soporte de referencia 42 a fin de determinar la posición del soporte de sensor 112 con respecto a una dirección tangencial a la pieza de trabajo 60. Nuevamente, los roles del sensor de posición tangencial 152 y el objetivo de referencia de posición 151 también pueden intercambiarse, es decir, el sensor de posición tangencial puede ubicarse sobre el soporte de referencia y el objetivo de referencia de posición puede ubicarse sobre el soporte de sensor.

La identificación de una estructura dentada de referencia del engranaje de referencia 61 y la determinación de una posición angular giratoria de referencia de la pieza de trabajo 60 al medir la estructura dentada de referencia con el dispositivo de medición de referencia se realizan de manera similar a la primera modalidad. El engranaje 62 a mecanizarse después puede acabarse con un proceso de acabado adecuado para mecanizar los engranajes internos, por ejemplo, por biselado de engranajes. Para este fin, el ángulo de acoplamiento de rodamiento nuevamente puede ajustarse con base en la posición angular giratoria de referencia determinada.

En las FIGS. 23 a 27, el diámetro interior del engranaje de referencia 61 es menor que el diámetro interior del engranaje 62 a mecanizarse, de manera tal que el soporte de sensor 112 puede llevarse hacia la posición de medición sin problema alguno y sin colisiones por un simple movimiento giratorio.

Por otra parte, si el engranaje de referencia 61 tiene un diámetro interior mayor que el engranaje 62 a mecanizarse, deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones: por razones de accesibilidad para la herramienta de mecanizado, el engranaje 62 a mecanizarse normalmente debe estar ubicado aún en la parte superior. Esto significa que ya no es posible llevar el soporte de sensor 112 hacia la posición de medición sin colisiones por un simple movimiento giratorio alrededor de un eje horizontal solo. En este caso existen varias opciones. Una primera opción es proporcionar un eje adicional para el dispositivo de colocación, por ejemplo, un eje adicional de desplazamiento lineal. Por ejemplo, todo el soporte de sensor 112 podría montarse sobre una corredera lineal, la cual es radialmente

desplazable con respecto al eje de la pieza de trabajo sobre un soporte, por lo que este soporte a su vez se une al elemento de base estacionario 110 de manera tal que puede girarse alrededor del eje C5, o el elemento de base 110 en sí mismo podría ser linealmente desplazable con respecto al pedestal de la máquina. Una segunda opción es unir el soporte de sensor 112 a un elemento de máquina el cual es móvil de cualquier manera por los ejes de la máquina ya existentes, por ejemplo, al portaherramientas. Esto se explicará más detalladamente a continuación con referencia a las FIGS. 34 y 35. Por supuesto, también son posibles otras opciones.

Pieza de trabajo con dos engranajes internos: Dispositivo de colocación con eje de desplazamiento lineal

Las FIGS. 28 a 31 muestran un dispositivo de colocación de acuerdo con una novena modalidad. Los componentes con la misma función o similar se marcan nuevamente con los mismos signos de referencia que en las FIGS. 1 a 6. De manera similar al dispositivo de colocación de la octava modalidad, el dispositivo de colocación de la novena modalidad se configura para determinar una posición angular giratoria de referencia de una pieza de trabajo de doble engranaje 60, cuyo engranaje de referencia 61 y engranaje 62 a mecanizarse se configuran ambos como engranajes internos.

A diferencia de la octava modalidad, el soporte de sensor 112 puede moverse linealmente a lo largo de una dirección de desplazamiento V con relación al elemento de base 110 para mover el soporte de sensor 112 desde la posición de estacionamiento (FIG. 28) hasta la posición de medición (FIG. 29). Dos sensores de engranajes 121, 122 y un dispositivo de detección de marcado 130 se montan en el soporte de sensor 112. Un sensor de posición tangencial 152 también se monta sobre o en el soporte de sensor 112, el cual interactúa con un objetivo de referencia de posición no mostrado.

Nuevamente, el soporte de sensor 112 también lleva un dispositivo de medición de referencia 140 en forma de un sensor táctil con una punta de sonda curvada 141. Con objeto de llevar la punta de sonda 141 en acoplamiento con el engranaje de referencia 61, la base del dispositivo de medición de referencia 140 se conecta pivotantemente al soporte de sensor 112. El eje giratorio C7 correspondiente se extiende horizontalmente aquí. Por lo tanto, el dispositivo de medición de referencia 140 puede girarse entre una posición de giro hacia afuera (FIG. 30), en la cual la punta de sonda 141 se desacopla del engranaje de referencia 61, y una posición de giro hacia adentro (FIG. 31), en la cual la punta de sonda 141 se acopla al engranaje de referencia 61. En lugar de un eje giratorio C7 extendido horizontalmente, también es posible un eje vertical o inclinado.

Esta modalidad también puede modificarse de manera tal que el soporte de sensor 112 puede llevarse hacia la posición de medición sin colisiones incluso si el engranaje superior 62 a mecanizarse tiene un diámetro interior menor que el engranaje de referencia 61 abajo. En particular, es posible proporcionar un eje adicional de desplazamiento lineal para este fin, con el cual el elemento de base 110 puede desplazarse a lo largo de una dirección radial con respecto al eje de la pieza de trabajo con relación al pedestal de la máquina.

Pieza de trabajo con un engranaje externo y un engranaje interno

Las FIGS. 32 y 33 muestran un dispositivo de colocación de acuerdo con una décima modalidad. Los componentes con la misma función o similar se marcan nuevamente con los mismos signos de referencia que en las FIGS. 1 a 6. Este dispositivo de colocación se configura para determinar una posición angular giratoria de referencia de una pieza de trabajo de doble engranaje 60, cuyo engranaje de referencia 61 es un engranaje interno y cuyo engranaje 62 a mecanizarse es un engranaje externo.

El dispositivo de colocación de la décima modalidad es muy similar al dispositivo de colocación de la novena modalidad. La única diferencia significativa es que el sensor de engranaje 122 ahora se alinea radialmente hacia adentro para medir el engranaje 62 a mecanizarse.

Uso en una máquina de biselado de engranajes

En algunas modalidades, el dispositivo de colocación puede unirse a un componente de una máquina herramienta que puede moverse con relación a la pieza de trabajo por los ejes de la máquina que se encuentran presentes de cualquier manera. En particular, el dispositivo de colocación puede montarse sobre un portaherramientas móvil de la máquina herramienta, el portaherramientas lleva el husillo de la herramienta.

Esto se ilustra en las FIGS. 34 y 35. Estas figuras muestran una máquina de biselado de engranajes (desprendimiento de fresa) construida de acuerdo con la solicitud de patente internacional PCT/EP 2020/068945 del 6 de julio de 2020 y que lleva un dispositivo de colocación de acuerdo con una undécima modalidad. El contenido de la solicitud de patente internacional PCT/EP 2020/068945 del 6 de julio de 2020 se incorporan por referencia en la presente descripción.

La máquina tiene un pedestal de la máquina 310. El pedestal de la máquina 310 tiene aproximadamente forma de L in lateral en alzado, con una sección horizontal 311 y una sección vertical 312.

Un soporte móvil de la pieza de trabajo en forma de corredera Y 340 se coloca sobre la sección horizontal 311. La corredera Y 340 puede moverse a lo largo de una dirección Y con relación al pedestal de la máquina 310. La dirección Y se extiende horizontalmente en el espacio. La corredera Y 340 lleva un husillo de la pieza de trabajo 50 sobre las cuales se sujeta una pieza de trabajo predentada 60. La pieza de trabajo 60 gira sobre el husillo de la pieza de trabajo 50 alrededor del eje de una pieza de trabajo (eje C). El eje C se extiende verticalmente en el espacio. En este ejemplo, la pieza de trabajo 60 tiene dos engranajes internos, a saber, un engranaje de referencia 61 y un engranaje a mecanizarse 62 colocado sobre ella.

Una corredera Z 320 se coloca en dicha sección vertical 312 del pedestal de la máquina 310. Puede moverse a lo largo de una dirección Z vertical con relación al pedestal de la máquina 310. Un portaherramientas en forma de corredera X 322 se coloca sobre la corredera Z 320. La corredera X lleva un husillo de la herramienta 30. La corredera X 322 puede moverse a lo largo de una dirección X con relación a la corredera Z 320. La dirección X se extiende horizontalmente en el espacio y perpendicular a la dirección Y y Z. Conjuntamente, la corredera Z 320 y la corredera X 322 forman una corredera transversal que le permite al husillo de la herramienta 30 montado sobre ella moverse a lo largo de las direcciones Z y X, las cuales son perpendiculares entre sí.

El husillo de la herramienta 30 acciona una herramienta de biselado de engranajes sujeta sobre él para girar alrededor de un eje de la herramienta. En las FIGS. 34 y 35, la herramienta de biselado de engranajes se oculta por la corredera X 322 y por lo tanto no es visible. El husillo de la herramienta 30 puede girarse con relación a la corredera X 322 alrededor de un eje giratorio horizontal (eje A) extendido en paralelo a la dirección X.

La corredera X 322 también lleva el dispositivo de colocación 100, el cual se muestra amplificado en la FIG. 35. El dispositivo de colocación comprende un elemento de base 110 y un soporte de sensor 112 que puede moverse a lo largo de una dirección de desplazamiento V. La dirección de desplazamiento V es oblicua a las direcciones Y y Z y perpendicular a la dirección X. La utilización de los ejes de la máquina X, Y, y Z y el eje de desplazamiento V, el soporte de sensor 112 puede llevarse hacia la posición de medición mostrada en las FIGS. 34 y 35.

De esta manera es posible en particular llevar el soporte de sensor 112 hacia la posición de medición sin colisiones incluso si el engranaje 62 a mecanizarse tiene un diámetro interior menor que el engranaje de referencia 61.

El dispositivo de colocación 100 se monta en un área de la corredera X 322 que se encuentra suficientemente lejos de la herramienta de biselado de engranajes de modo que el dispositivo de colocación 100 no interfiere con ella durante el mecanizado de la pieza de trabajo 60.

Dispositivo de referencia de posición

En todas las modalidades a manera de ejemplo explicadas con anterioridad, un dispositivo de referencia de posición puede utilizarse para determinar la posición espacial del dispositivo de colocación con relación al soporte de la pieza de trabajo. Si bien en algunas de las modalidades a manera de ejemplo explicadas con anterioridad se muestra un dispositivo de referencia de posición el cual únicamente comprende un sensor de posición tangencial, el dispositivo de referencia de posición también puede comprender sensores de referencia de posición con respecto a otras direcciones espaciales.

Esto se ilustra en la FIG. 36, la cual muestra un dispositivo de colocación de acuerdo con una duodécima modalidad. El dispositivo de colocación de la FIG. 36 corresponde esencialmente al dispositivo de colocación de la octava modalidad. Únicamente difiere en el diseño del dispositivo de referencia de posición.

En esta modalidad, el dispositivo de referencia de posición nuevamente comprende un objetivo de referencia de posición 151 sobre un soporte de referencia 42. El objetivo de referencia de posición 151 es cuboidal o cúbico y forma al menos tres superficies de referencia perpendiculares entre sí. El soporte de referencia 42 se conecta rígidamente al soporte de la pieza de trabajo que lleva el husillo de la pieza de trabajo 50. Tres sensores de referencia de posición 152, 153 y 154 se colocan ahora en el soporte de sensor 112. En la posición de medición, estos se dirigen hacia diferentes superficies de referencia del objetivo de referencia de posición 151. Un primer sensor de referencia de posición 152 forma un sensor de posición tangencial. Este sensor se dirige hacia una superficie de referencia correspondiente del objetivo de referencia de posición 151 a lo largo de una dirección que se extiende tangencial a la pieza de trabajo, la superficie de referencia tiene una normal de superficie tangencial. Un segundo sensor de referencia de posición 153 forma un sensor de posición axial. Este sensor se dirige hacia una superficie de referencia correspondiente del objetivo de referencia de posición 151 a lo largo de una dirección que es paralela al eje de la pieza de trabajo, la superficie de referencia tiene una normal de superficie extendida axialmente. Un tercer sensor de referencia de posición 154 forma un sensor de posición radial. Este sensor se dirige hacia una superficie de referencia correspondiente del objetivo de referencia de posición 151 en una dirección que se extiende radialmente al eje de la pieza de trabajo, la superficie de referencia tiene una normal de superficie extendida radialmente. En lugar de un solo objetivo de referencia de posición con varias superficies de referencia, varios objetivos de referencia de posición también puede haber presentes, cada uno de estos objetivos de referencia de posición forma una superficie de referencia correspondiente para una de las direcciones de medición.

Los roles de los sensores de referencia de posición 152, 153, 154 y el objetivo de referencia de posición 151 también pueden invertirse, es decir, los sensores de referencia de posición pueden ubicarse sobre el soporte de referencia y el objetivo de referencia de posición puede ubicarse sobre el soporte de sensor.

- 5 Los sensores de referencia de posición son preferiblemente sensores de distancia láser, dado que se conocen desde la técnica anterior per se.

Modificaciones

- 10 Si bien la invención se ha explicado por medio de varias modalidades a manera de ejemplo, la invención no se limita a estas modalidades, y es posible una gran cantidad de modificaciones. Algunas modificaciones ya se han descrito con anterioridad. La invención no se limita a la solicitud dentro del alcance de los procesos de corte de engranajes a manera de ejemplo mencionados con anterioridad tales como rectificación de engranajes o biselado de engranajes.
- 15 En cambio, también es posible utilizar la invención dentro del alcance de otros procesos de mecanizado fino de engranajes dobles y múltiples. Estos pueden ser, por ejemplo, otros procesos de mecanizado de engranajes tales como procesos de bruñido de engranajes o discontinuos tales como rectificado con muela de forma. Si el soporte de sensor se conecta pivotantemente a un elemento de base, el eje giratorio puede no solamente ser horizontal o vertical, sino también inclinarse en el espacio. Si el soporte de sensor es linealmente desplazable con respecto al elemento de base, la dirección de desplazamiento puede desviarse de la dirección de introducción de la punta de sonda, como es
- 20 el caso en algunas de las modalidades explicadas con anterioridad. También es posible una dirección de desplazamiento curvada a lo largo de un arco. En todas las modalidades es posible utilizar otro tipo de marcado en lugar de un orificio y colocarlo en una posición diferente que la mostrada. De acuerdo con lo anterior, puede utilizarse otro tipo de sensor de marcado, el cual se adapta al tipo de marcado, y el dispositivo de detección de marcado puede conectarse al soporte de sensor de manera diferente. Es posible una variedad de otras modificaciones.

- 25 Lista de signos de referencia

10	Pedestal de la máquina
20	Portaherramientas
21	Corredera Z
22	Corredera Y
30	Husillo de la herramienta
31	Engranaje helicoidal abrasivo
32	Accionamiento de husillo de la herramienta
40	Torreta / soporte de la pieza de trabajo
42	Soporte de referencia
50	Husillo de la pieza de trabajo
51	Contracolumna
52	Contrapunta
60	pieza de trabajo
61	Primer engranaje (engranaje de referencia)
62	Segundo engranaje (engranaje a mecanizarse)
63	Marcado (orificio/agujero)
70	Controlador de la máquina
71	Módulo de control
72	Panel de control
100	Dispositivo de colocación
110	Elemento de base
112	Soporte de sensor
121	Primer sensor de engranaje
122	Segundo sensor de engranaje
130	Dispositivo de detección de marcado
131	(Primer) sensor de marcado
132	Segundo sensor de marcado
140	Dispositivo de medición de referencia (sensor táctil)
141	Punta de sonda
142	Corredera lineal
151	Objetivo de referencia de posición
152	Sensor de posición tangencial
153	Sensor de posición radial
154	Sensor de posición axial
210	Señal del primer sensor de marcado
211	Pico
220	Señal del segundo sensor de marcado
230	Señal de diferencia
231	Señal de posición

301	Hueco dentado de referencia
302	Hueco dentado correspondiente
310	Pedestal de la máquina
311	Sección horizontal
312	Sección vertical
320	Corredera Z
322	Corredera X / portaherramientas
340	Corredera Y / soporte de la pieza de trabajo
C, C1	Eje de la pieza de trabajo
C3	Eje giratorio de la torreta
C5	Eje giratorio horizontal
C6	Eje giratorio vertical
C7	Eje giratorio horizontal
E	Dirección de introducción
M	Dirección de detección de marcado
R	Dirección de medición radial
T	Dirección tangencial
V	Dirección de desplazamiento
X, Y, Z	Ejes lineales

REIVINDICACIONES

1. Método para mecanizar una pieza de trabajo (60) que tiene primer y segundo engranajes (61, 62), la pieza de trabajo (60) se monta para girar alrededor del eje de una pieza de trabajo (C1), **caracterizado** el método **por que** comprende:

identificar al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje (61) con un dispositivo de identificación de referencia que funciona sin contacto;
medir dicha al menos una estructura dentada de referencia con un dispositivo de medición de referencia (140) para determinar una posición angular giratoria de referencia de la pieza de trabajo (60); y
mecanizar el segundo engranaje (62) con una herramienta de mecanizado (31) de manera tal que el segundo engranaje (62) obtiene una posición angular giratoria que se encuentra en una relación predeterminada respecto a la posición angular giratoria de referencia determinada.

2. Método de conformidad con la reivindicación 1, en donde la pieza de trabajo (60) comprende un marcado (63), en donde el dispositivo de identificación de referencia comprende un dispositivo de detección de marcado (130) que funciona sin contacto, y en donde la identificación de dicha al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje (61) comprende:

detectar el marcado (63) de la pieza de trabajo (60) con el dispositivo de detección de marcado (130); y
identificar dicha al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje (61) por medio del marcado detectado (63),
en donde el dispositivo de detección de marcado (130) comprende preferiblemente primer y segundo sensores de marcado (131, 132), y en donde la detección del marcado (63) comprende preferiblemente formar una diferencia de señales proveniente del primer y segundo sensor de marcado (131, 132).

3. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de identificación de referencia comprende un primer sensor de engranaje sin contacto (121) y un segundo sensor de engranaje sin contacto (122), y en donde la identificación de dicha al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje (61) comprende:

determinar las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas del primer engranaje (61) con el primer sensor de engranaje (121);
determinar las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas del segundo engranaje (62) con el segundo sensor de engranaje (122);
determinar las distancias angulares giratorias de las estructuras dentadas del primer engranaje (61) a las estructuras dentadas del segundo engranaje (62) desde las posiciones angulares giratorias determinadas; e
identificar dicha al menos una estructura dentada de referencia del primer engranaje con base en una comparación de las distancias angulares giratorias con una distancia nominal especificada.

4. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

en donde el dispositivo de medición de referencia (140) comprende un sensor táctil o un sensor óptico,
en donde para el caso en que el dispositivo de medición de referencia (140) comprende un sensor táctil, el sensor táctil comprende preferiblemente una base de sensor y una punta de sonda (141) y la punta de sonda (141) se extiende con relación a la base de sensor que se acopla con el primer engranaje (61) a lo largo de una dirección de introducción (E), o el sensor táctil se desplaza o pivota con relación a un soporte de sensor (112) para acoplar el sensor táctil con el primer engranaje (61).

5. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo engranaje (62) se mecaniza por un proceso de mecanizado de rectificación, en particular por un proceso de rectificación, y en donde un ángulo de acoplamiento de rodamiento para el proceso de mecanizado de rectificación se determina utilizando la posición del ángulo giratorio de referencia determinado con anterioridad de la pieza de trabajo (60).

6. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de medición de referencia (140) se monta sobre un soporte de sensor (112), y en donde el método comprende:

mover el soporte de sensor (112) entre una posición de estacionamiento y una posición de medición, en particular girando alrededor de un eje giratorio (C5, C6) que se extiende preferiblemente perpendicular o paralelamente al eje de la pieza de trabajo (C1) o por desplazamiento a lo largo de un desplazamiento dirección (V) que se extiende preferiblemente radial o paralelamente al eje de la pieza de trabajo (C1),
en donde preferiblemente al menos un dispositivo de sensor adicional se une al soporte de sensor (112), en particular al menos parte del dispositivo de identificación de referencia,
y/o
en donde el método comprende preferiblemente:

determinar una posición del soporte de sensor (112) con respecto al menos a una dirección espacial, en

particular una dirección tangencial, una dirección axial y/o una dirección radial, en la posición de medición mediante un dispositivo de referencia de posición (151, 152, 153, 154); y
 corregir la posición angular giratoria de referencia determinada utilizando la posición del soporte de sensor determinada (112).

- 5
7. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 en donde el primer engranaje (61) y el segundo engranaje (62) son engranajes externos;
 en donde el primer engranaje (61) y el segundo engranaje (62) son engranajes internos;
 10 en donde el primer engranaje (61) es un engranaje interno y el segundo engranaje (62) es un engranaje externo;
 o
 en donde el primer engranaje (61) es un engranaje externo y el segundo engranaje (62) es un engranaje interno.
- 15 8. Dispositivo de colocación (100) para determinar una posición angular giratoria de referencia de una pieza de trabajo (60), **caracterizado por que** el dispositivo de colocación está configurado para determinar una posición angular giratoria de referencia de una pieza de trabajo (60) que tiene primer y segundo engranajes (61,62), y por que el dispositivo de colocación (100) comprende:
 un dispositivo de identificación de referencia configurado para identificar al menos una estructura dentada de
 20 referencia del primer engranaje (61) sin contacto; y
 un dispositivo de medición de referencia (140) configurado para medir la estructura dentada de referencia del primer engranaje (61) identificado por el dispositivo de identificación de referencia para determinar la posición angular giratoria de referencia de la pieza de trabajo (60).
- 25 9. Dispositivo de colocación (100) de conformidad con la reivindicación 8, en donde el dispositivo de identificación de referencia comprende un dispositivo de detección de marcado (130) se configura para detectar un marcado (63) de la pieza de trabajo (60) sin contacto,
 en donde el dispositivo de detección de marcado (130) comprende preferiblemente primer y segundo sensores de
 30 marcado (131, 132), el primer y segundo sensores de marcado (131, 132) se colocan secuencialmente o lado a lado con respecto a una dirección circunferencial de la pieza de trabajo (60).
10. Dispositivo de colocación (100) de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 8 o 9, en donde el dispositivo de identificación de referencia comprende:
 35 un primer sensor de engranaje sin contacto (121) para determinar las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas del primer engranaje (61); y
 un segundo sensor de engranaje sin contacto (122) para determinar las posiciones angulares giratorias de las estructuras dentadas del segundo engranaje (62),
 en donde el primer sensor de engranaje (121) y/o el segundo sensor de engranaje (122) preferiblemente se colocan
 40 desplazados del dispositivo de medición de referencia (140) a lo largo de una dirección circunferencial de la pieza de trabajo (60).
11. Dispositivo de colocación (100) de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde el dispositivo de medición de referencia (140) comprende un sensor táctil o un sensor óptico,
 45 en donde para el caso en que el dispositivo de medición de referencia (140) comprende un sensor táctil, el sensor táctil comprende una base de sensor y una punta de sonda (141), y la punta de sonda (141) es extensible con relación a la base de sensor a acoplarse con el primer engranaje (61) a lo largo de una dirección de introducción (E).
12. Dispositivo de colocación (100) de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende un
 50 soporte de sensor (112) al cual se une el dispositivo de medición de referencia (140),
 en donde para el caso en que el dispositivo de medición de referencia (140) comprende un sensor táctil, el sensor táctil preferiblemente se coloca desplazable o pivotantemente en el soporte de sensor (112) para acoplar el sensor táctil con el primer engranaje (61),
 55 en donde además preferiblemente al menos parte del dispositivo de identificación de referencia se une al soporte de sensor (112), y/o
 en donde el soporte de sensor (112) preferiblemente se conecta móvilmente a un elemento de base (110) con objeto de mover el soporte de sensor (112) entre una posición de estacionamiento y una posición de medición, en particular girando alrededor de un eje giratorio (C5, C6) que se extiende preferiblemente perpendicular o
 60 paralelamente al eje de la pieza de trabajo (C1) o por desplazamiento a lo largo de un desplazamiento dirección (V) que se extiende preferiblemente radial o paralelamente al eje de la pieza de trabajo (C1),
 en donde el dispositivo de colocación (100) adicionalmente comprende, de manera opcional, un dispositivo de referencia de posición (151, 152, 153, 154) para determinar una posición del soporte de sensor (112) en la posición de medición con respecto al menos a una dirección espacial, en particular una dirección tangencial, una dirección
 65 axial y/o una dirección radial.

13. Máquina herramienta, que comprende:

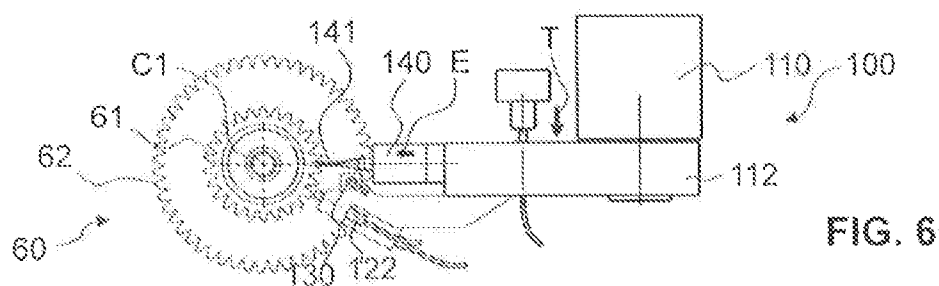
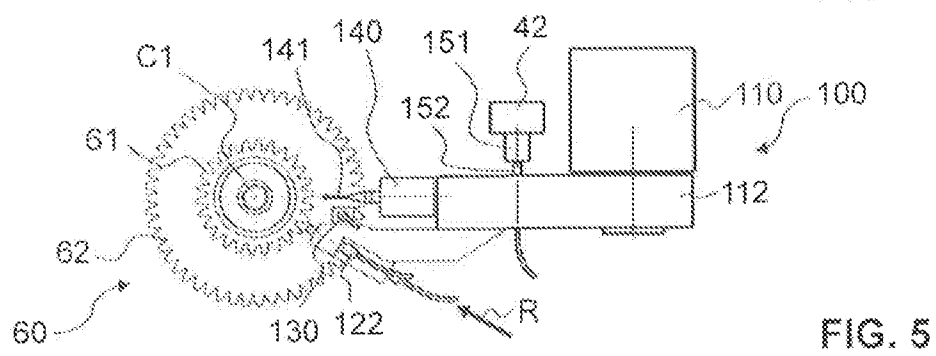
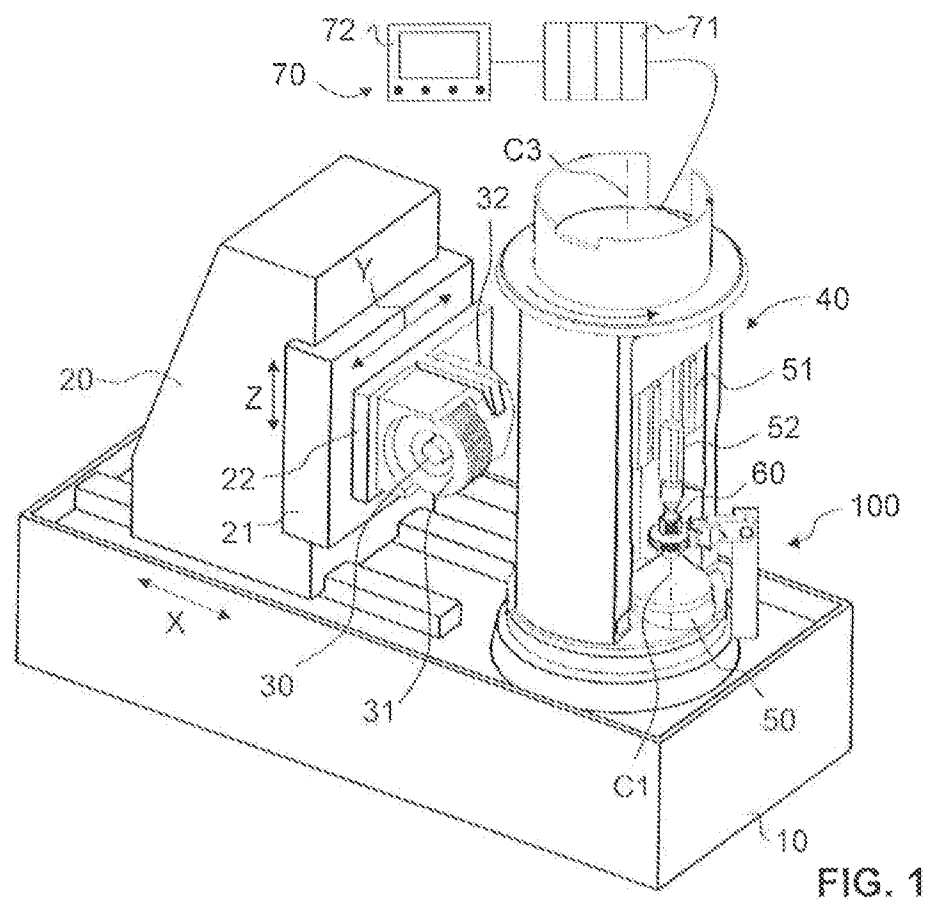
un soporte de la pieza de trabajo (40); y
al menos un husillo de la pieza de trabajo (50) colocado sobre el soporte de la pieza de trabajo (40) y configurado para recibir la pieza de trabajo (60) para girar alrededor del eje de la pieza de trabajo (C1),
caracterizada por que la máquina herramienta comprende un dispositivo de colocación (100) de conformidad con una de las reivindicaciones 8 a 12.

14. Máquina herramienta de conformidad con la reivindicación 13,

que comprende un pedestal de la máquina (10), en donde el soporte de la pieza de trabajo (40) es móvil con relación al pedestal de la máquina (10), en particular pivotante alrededor de un soporte del eje de la pieza de trabajo (C3), en donde el dispositivo de colocación (100) se configura de conformidad con la reivindicación 12, y en donde el soporte de sensor (112) está unido de manera móvil con el elemento de base (110) y el elemento de base (110) se coloca sobre el pedestal de la máquina (10), o en donde el soporte de sensor (112) se coloca sobre el soporte de la pieza de trabajo (40) en una región ubicada radialmente entre el soporte del eje de la pieza de trabajo (C3) y el eje de la pieza de trabajo (C1).

15. Máquina herramienta de conformidad con la reivindicación 13 o 14, que comprende:

un husillo de la herramienta (30) configurado para recibir una herramienta de mecanizado (31) para girar alrededor de un eje de la herramienta; y
un dispositivo de control (70) configurado para aplicar el método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.



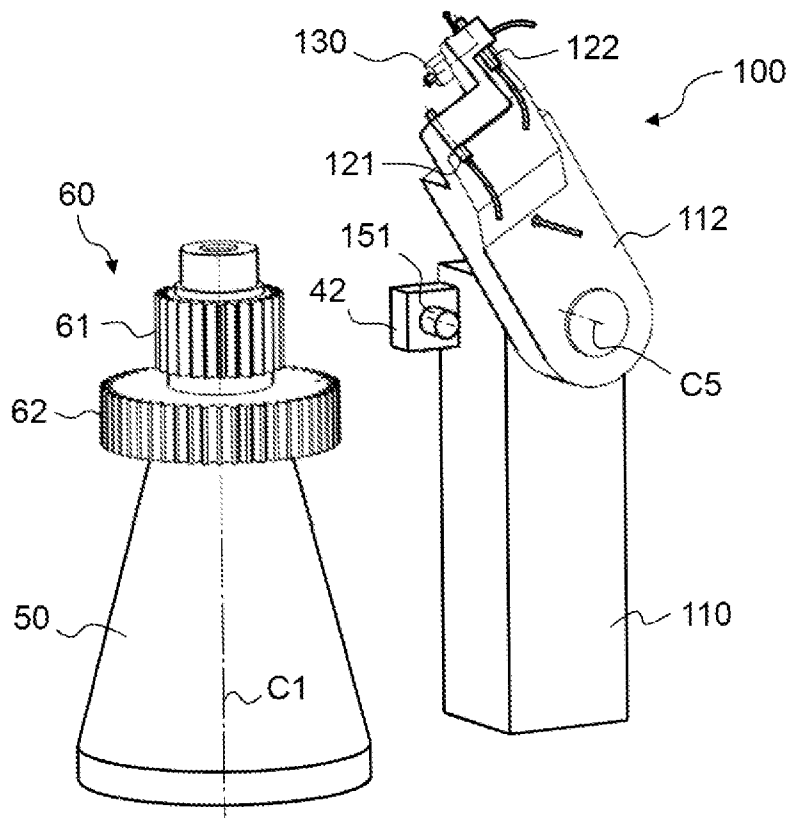


FIG. 2

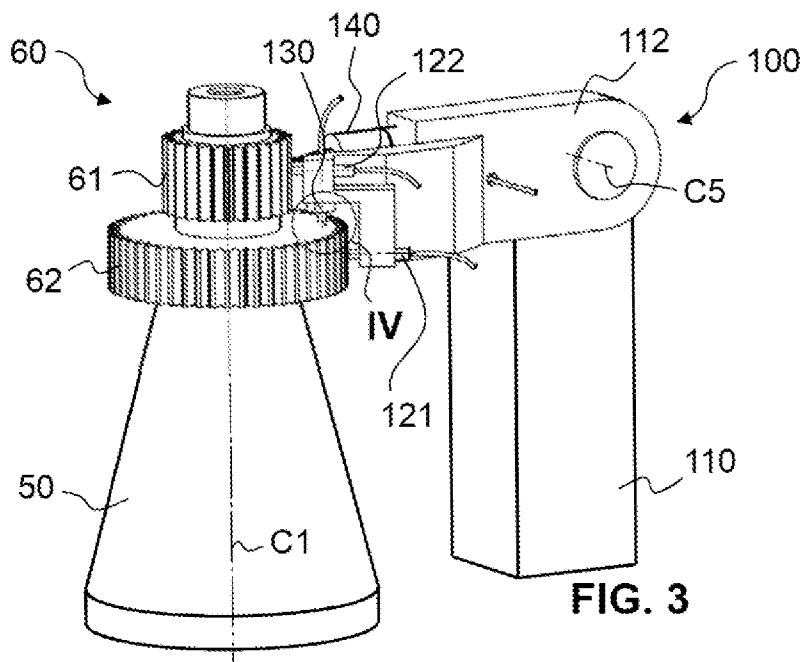


FIG. 3

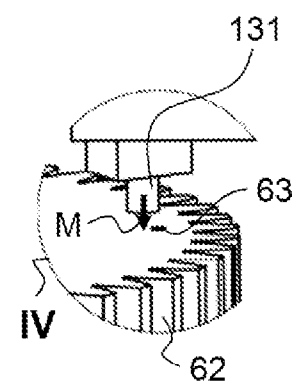


FIG. 4

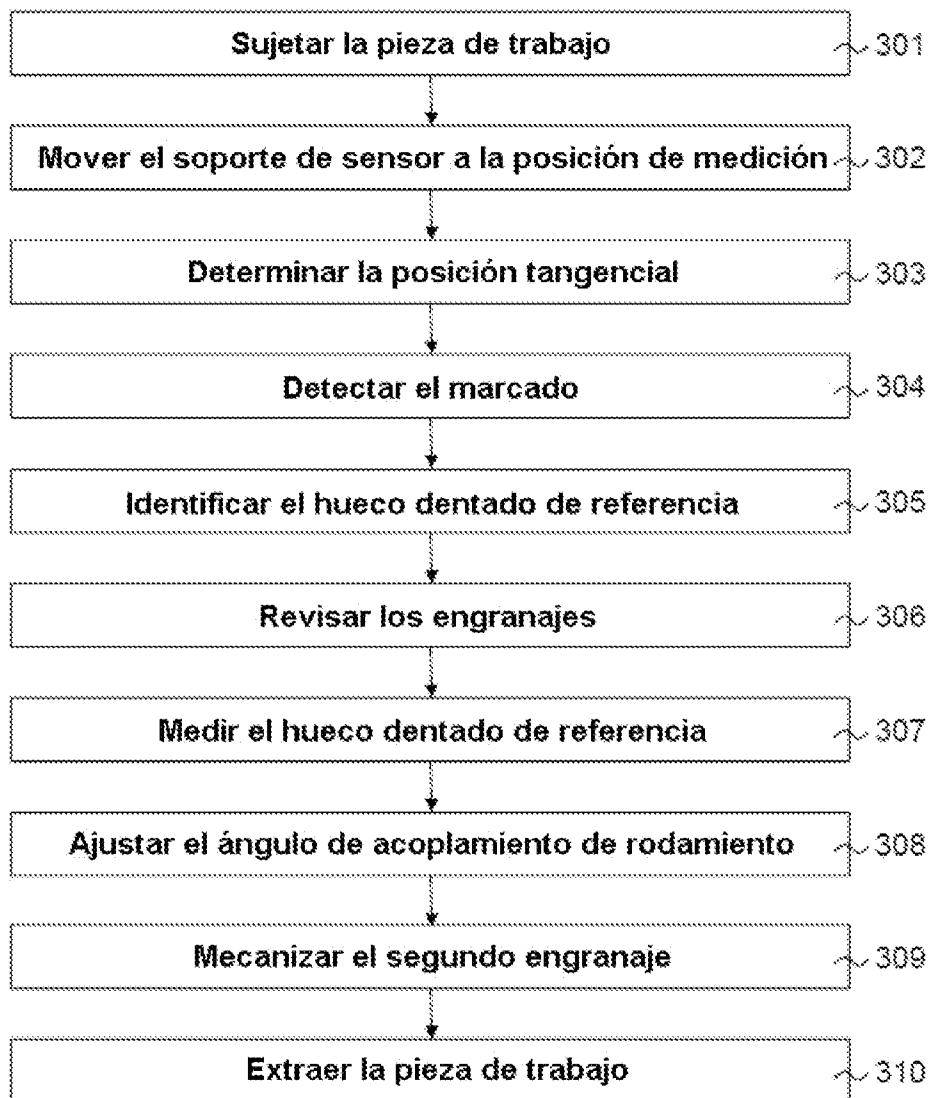


FIG. 7

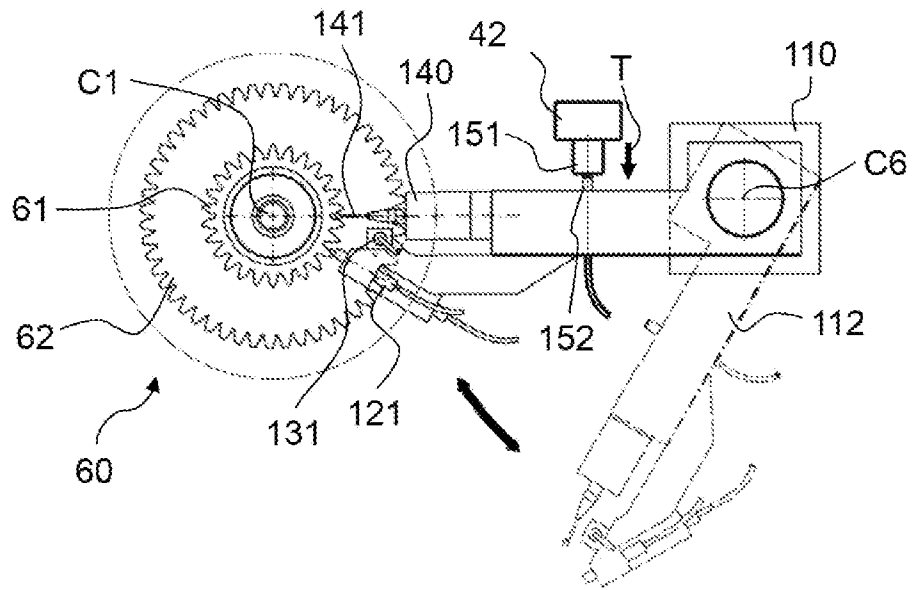


FIG. 8

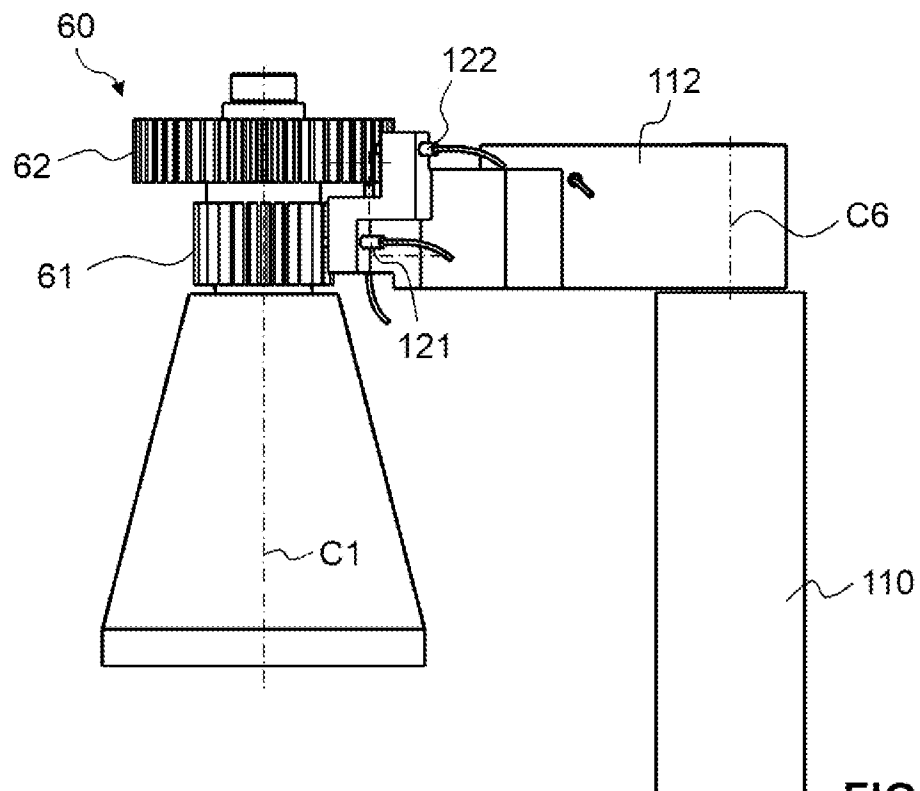


FIG. 9

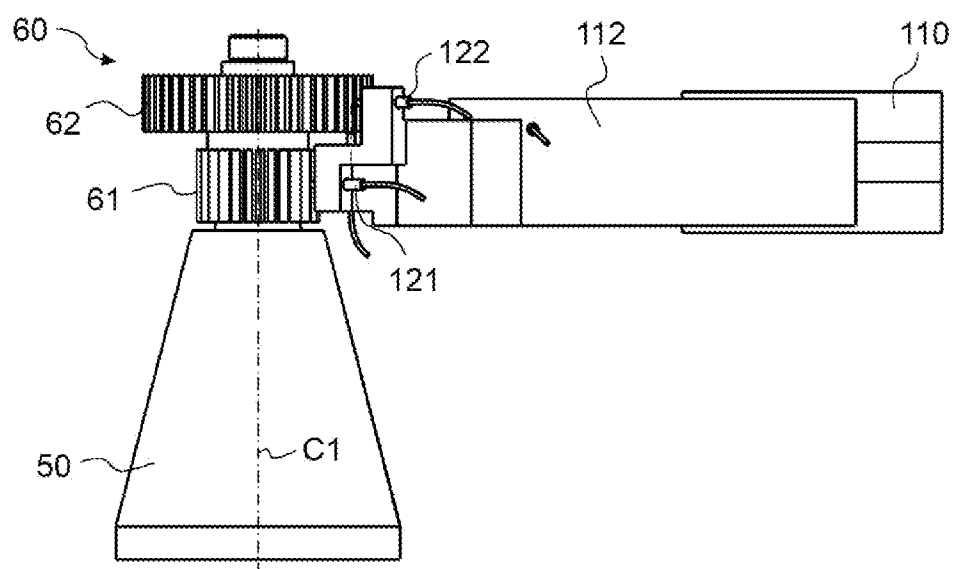


FIG. 10

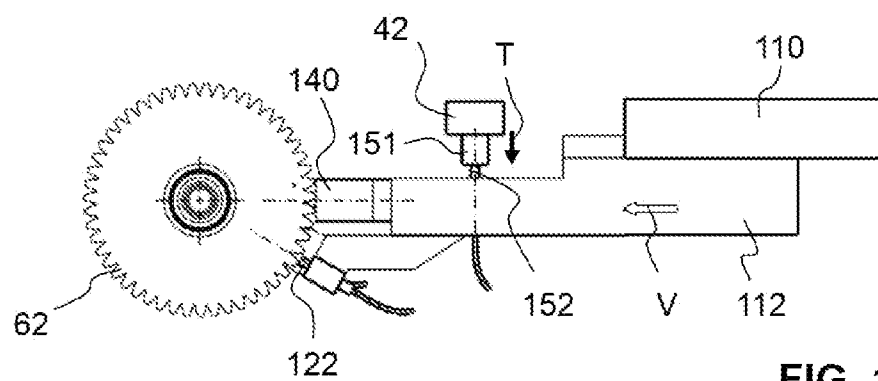


FIG. 11

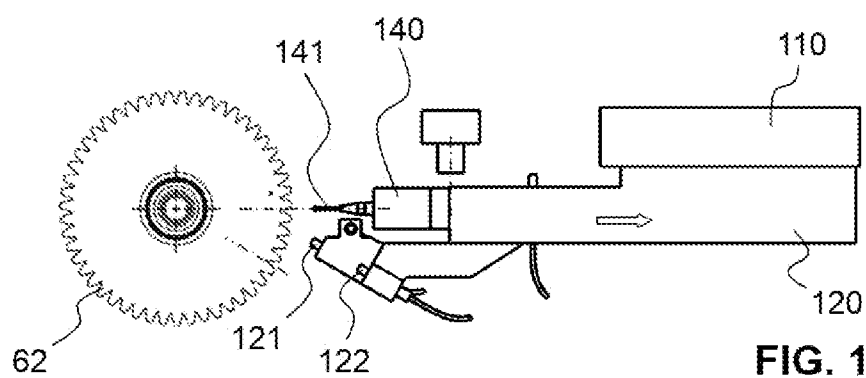


FIG. 12

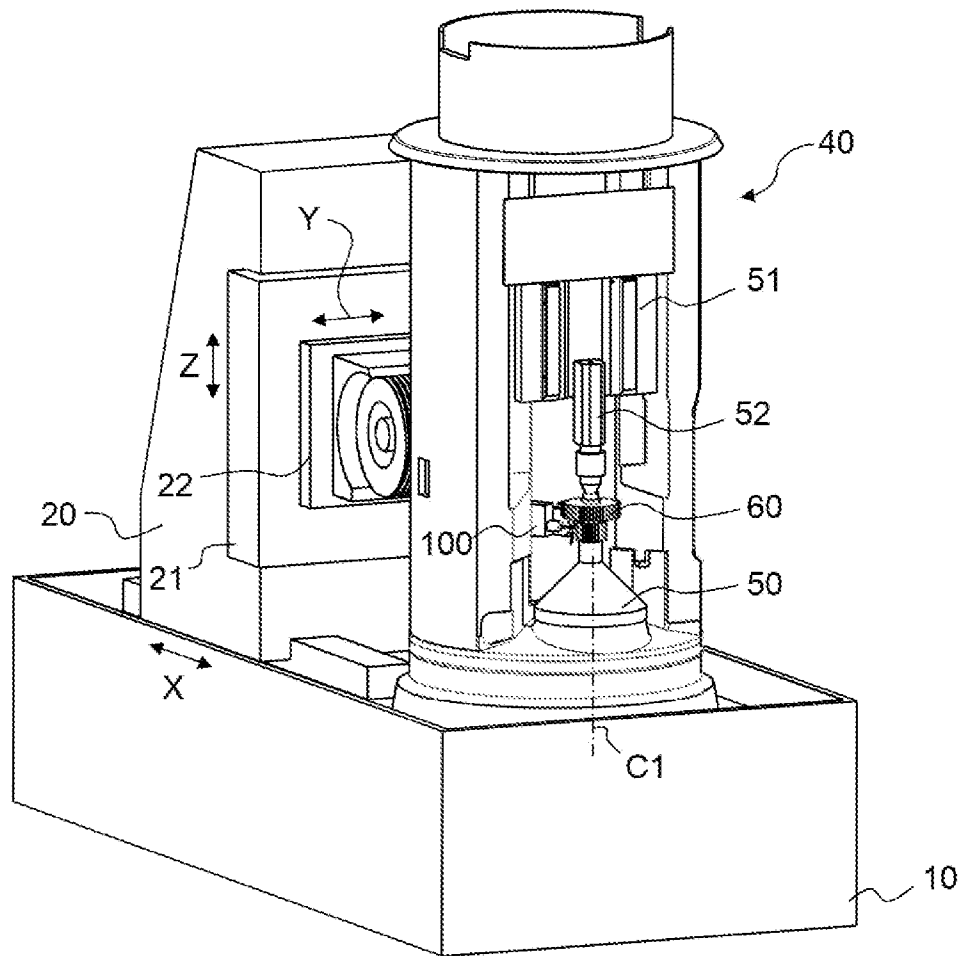


FIG. 13

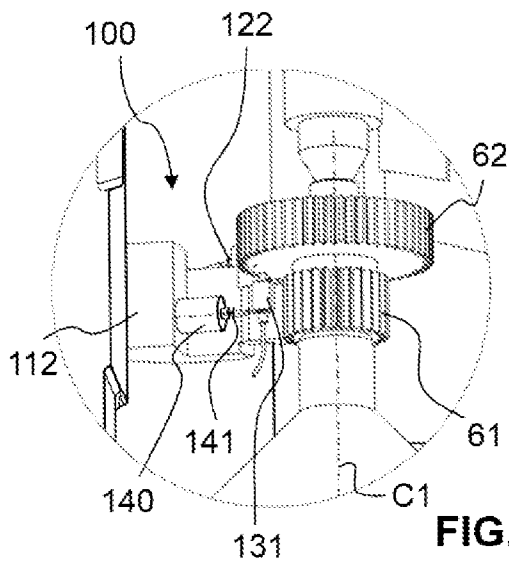


FIG. 14

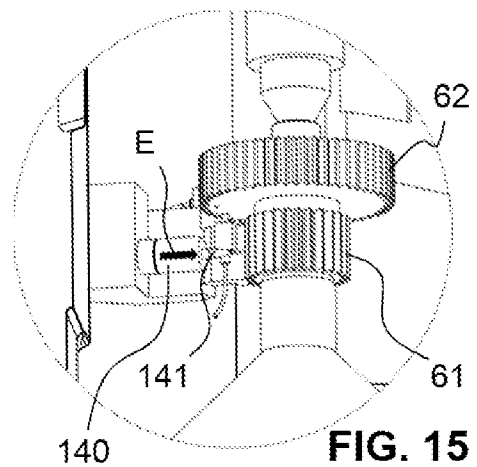


FIG. 15

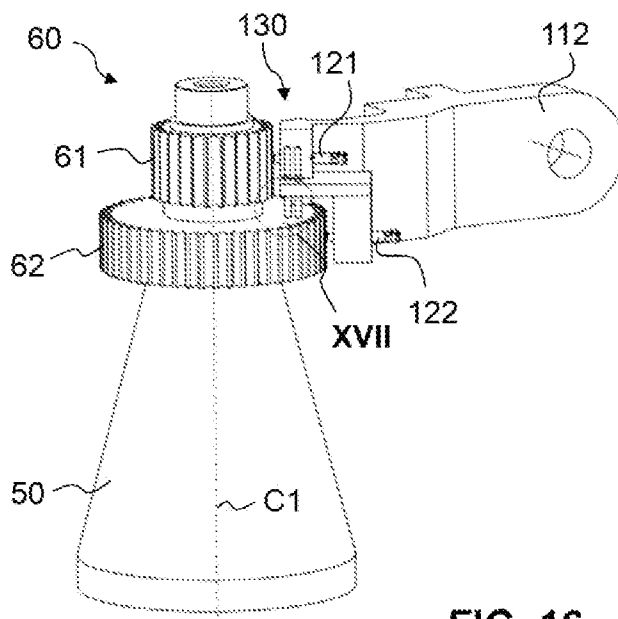


FIG. 16

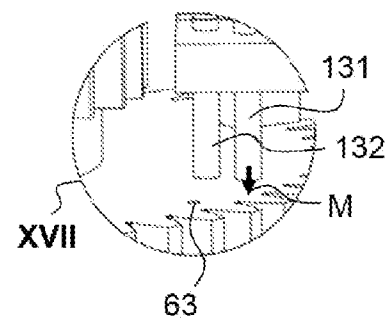


FIG. 17

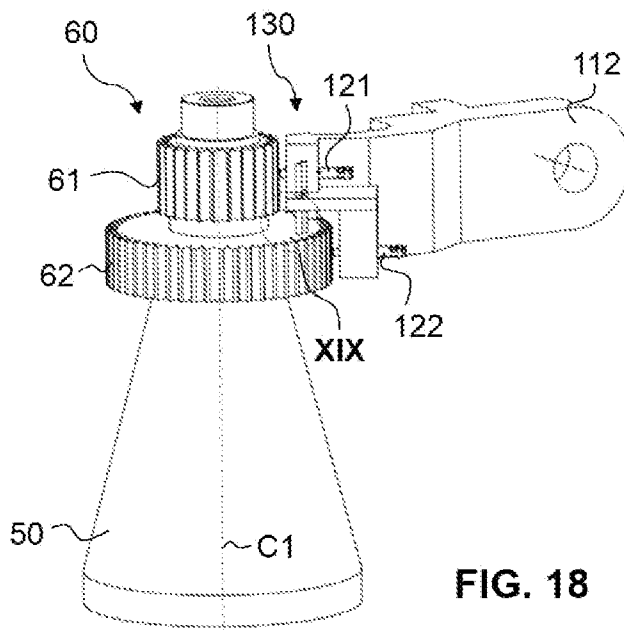


FIG. 18

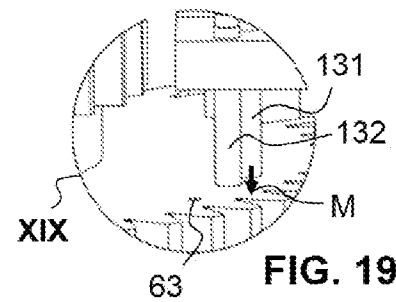
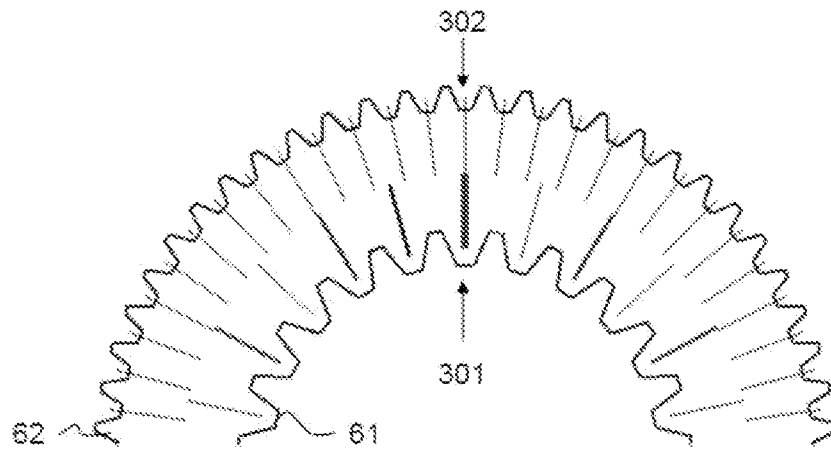
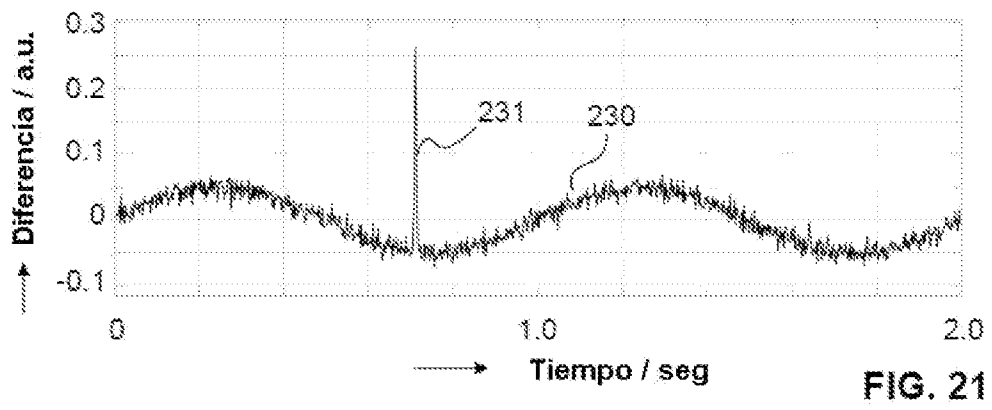
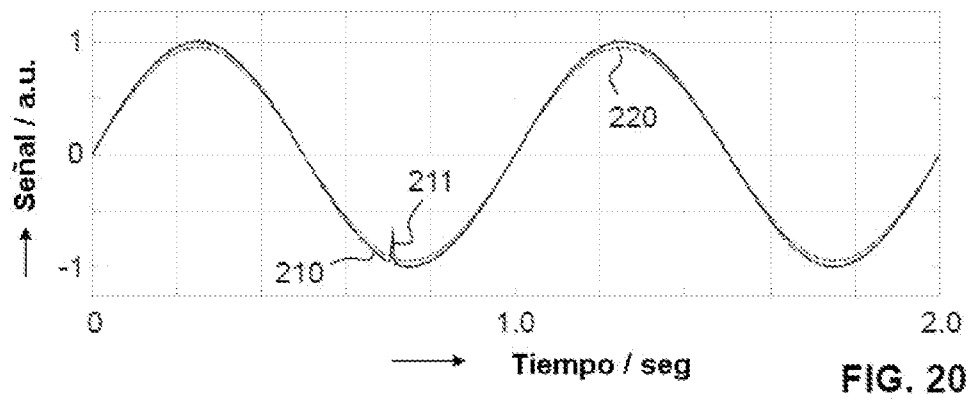


FIG. 19



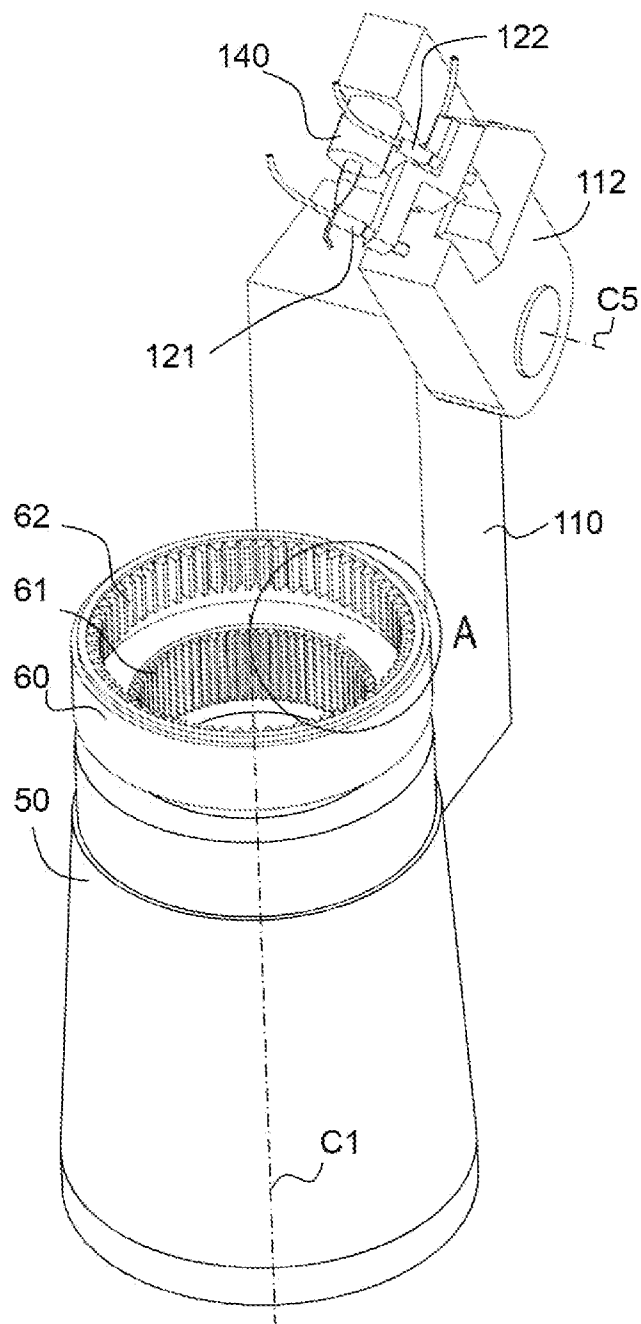


FIG. 23

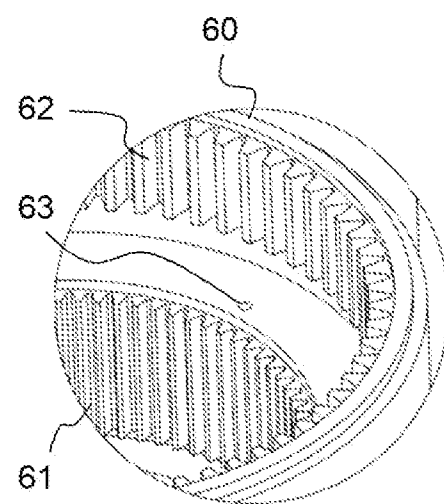


FIG. 24

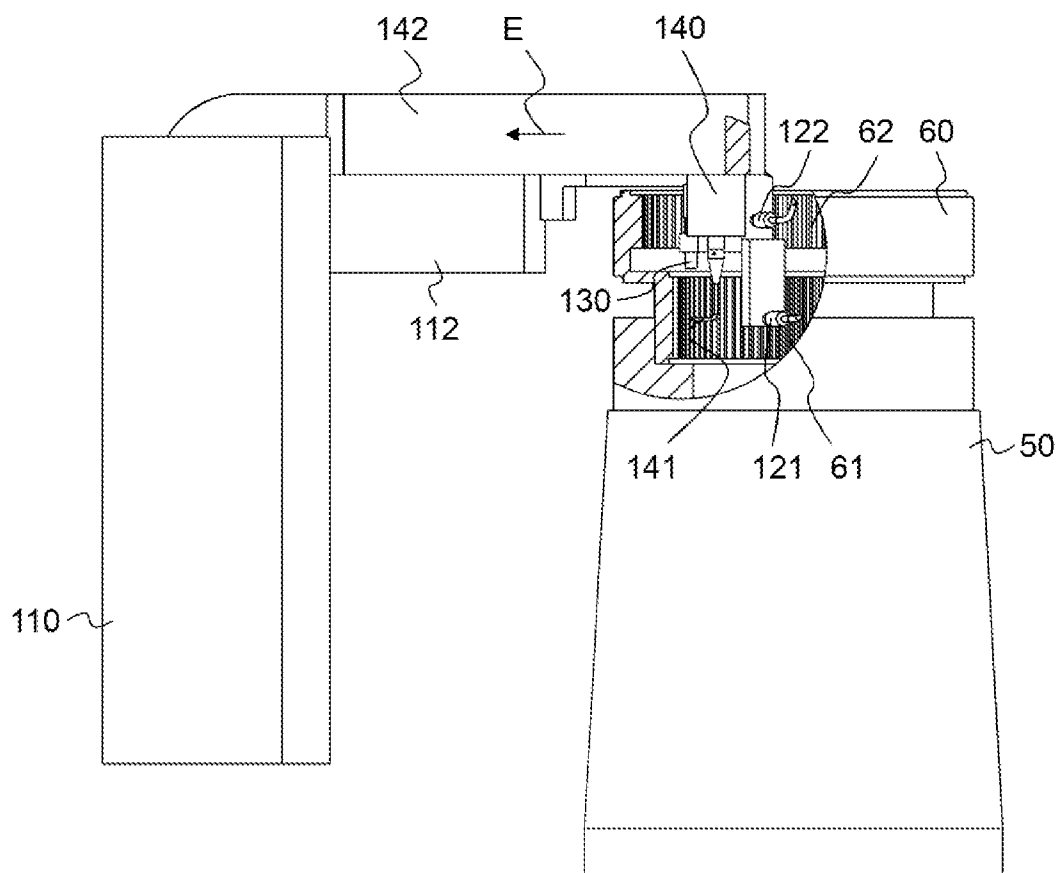


FIG. 25

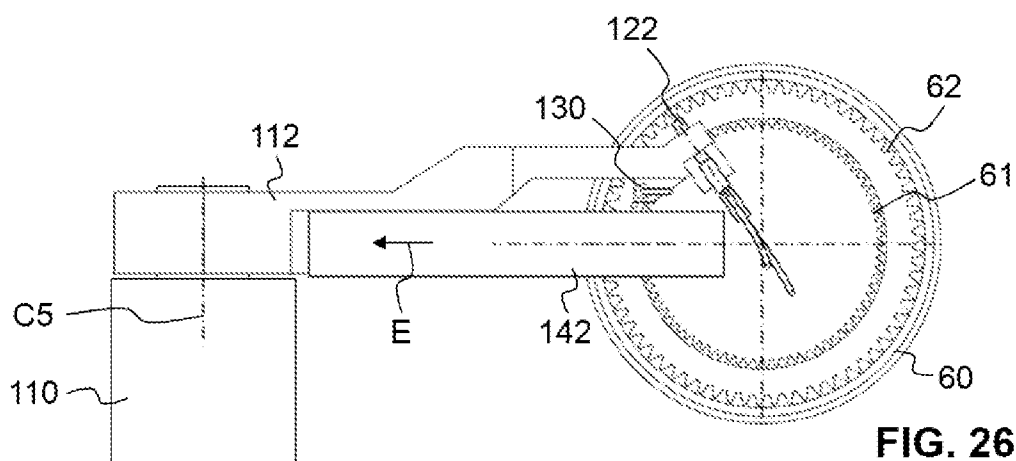


FIG. 26

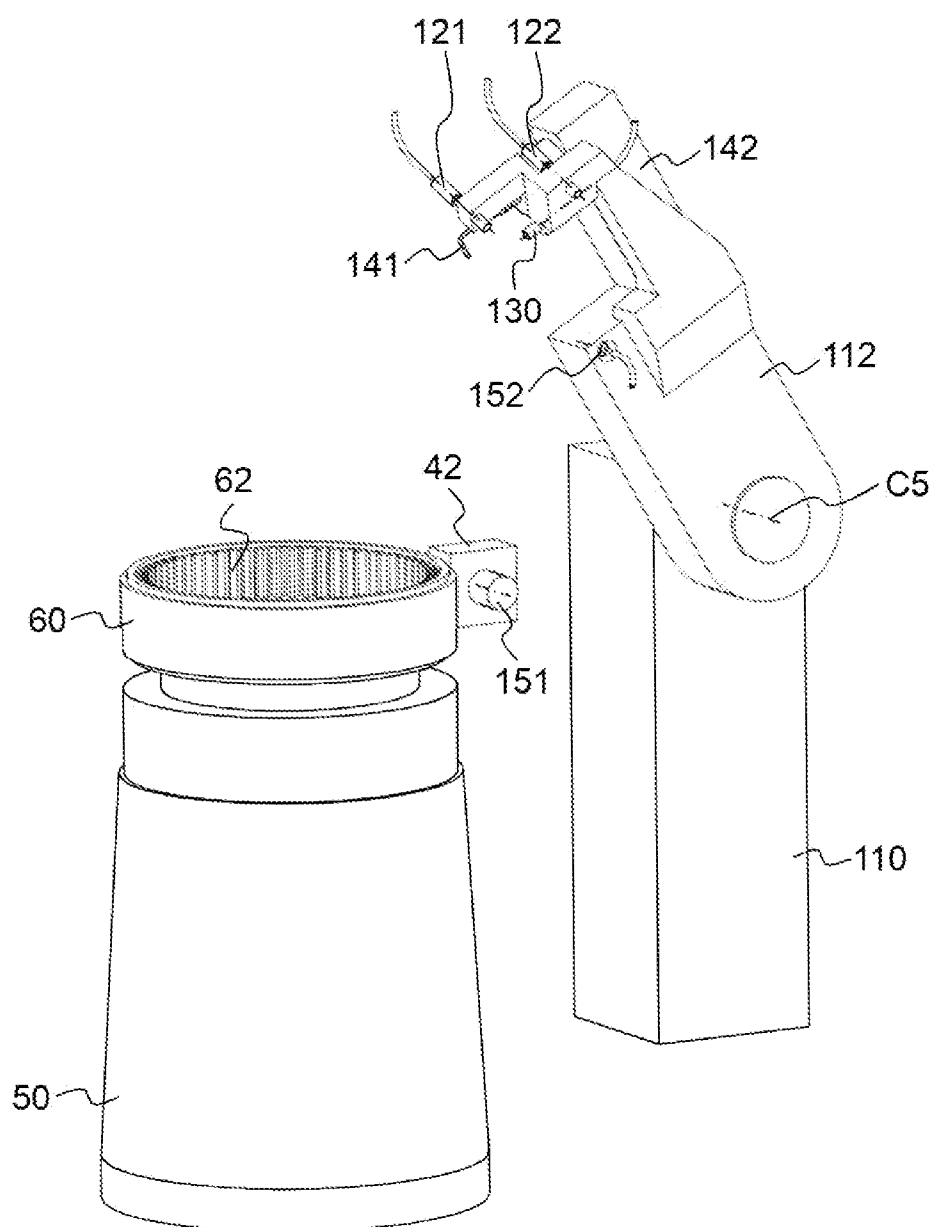


FIG. 27

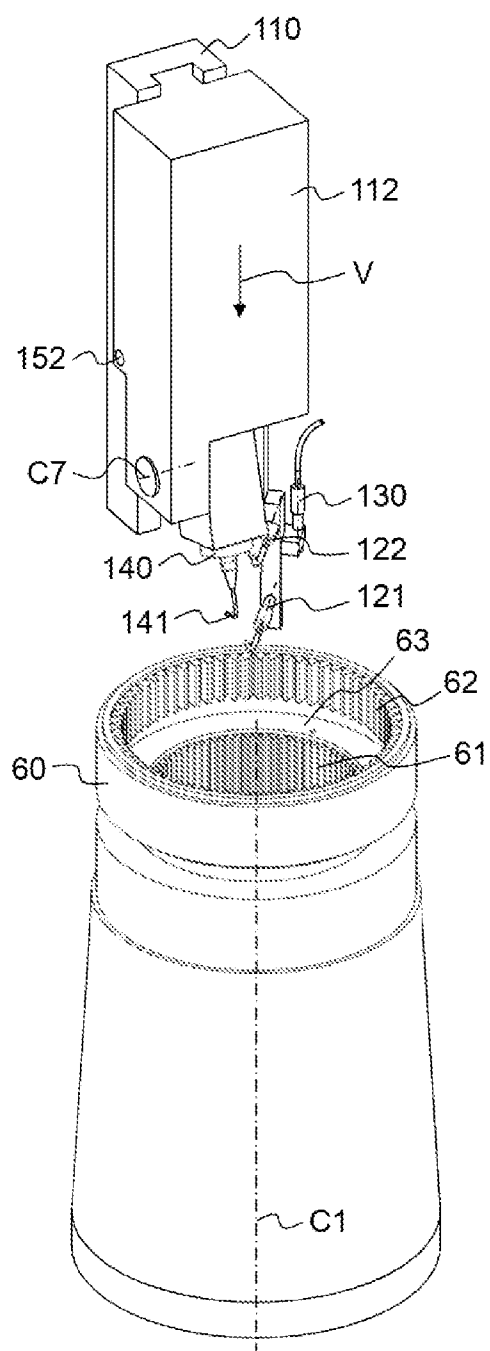


FIG. 28

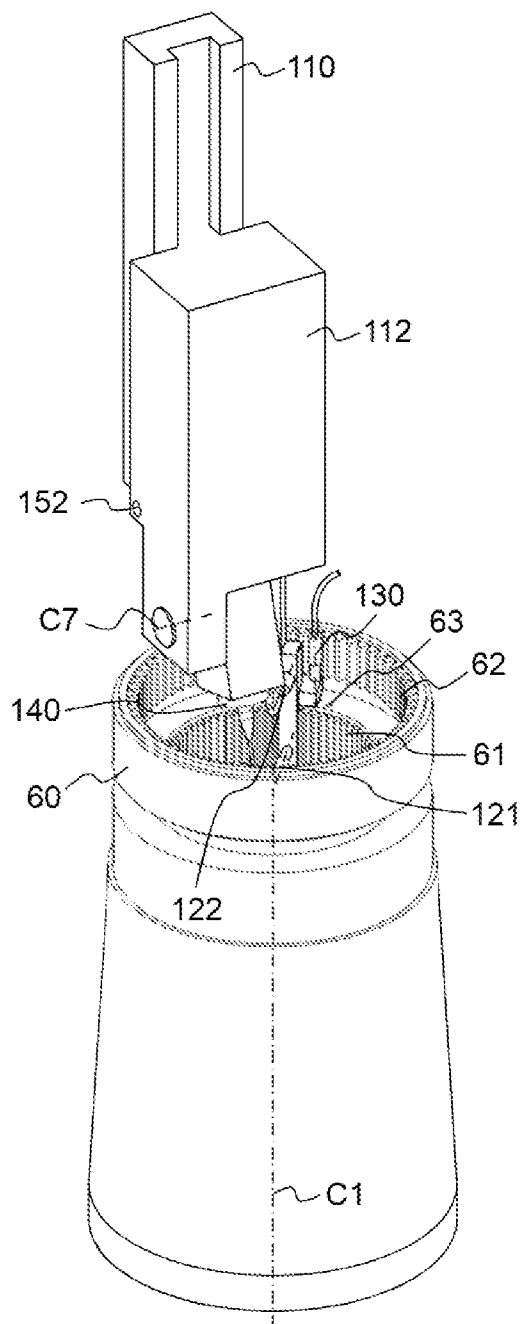


FIG. 29

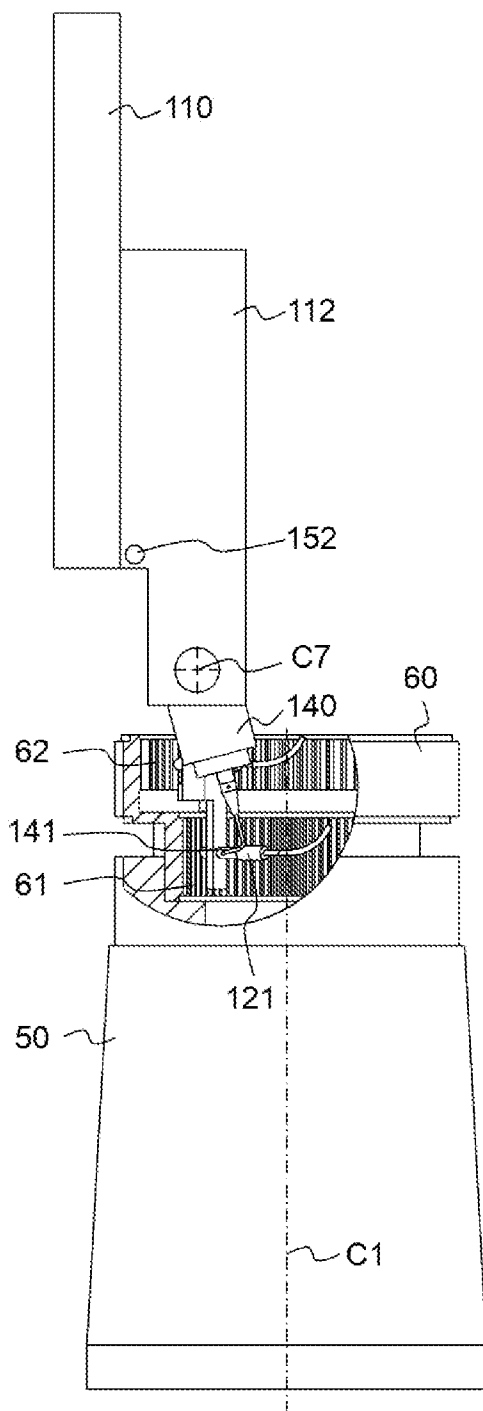


FIG. 30

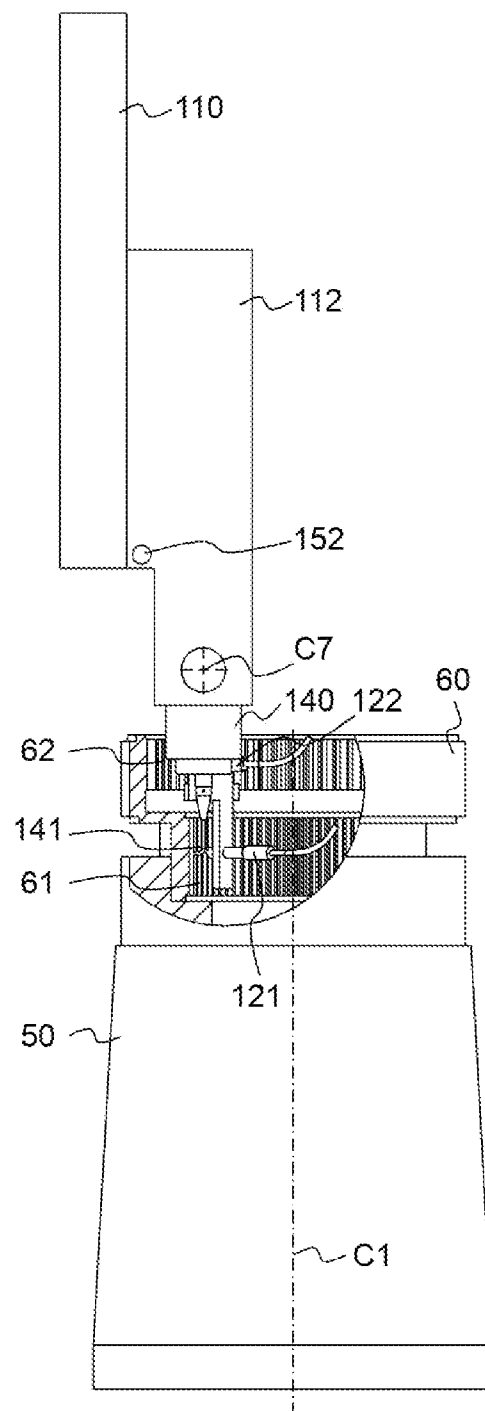
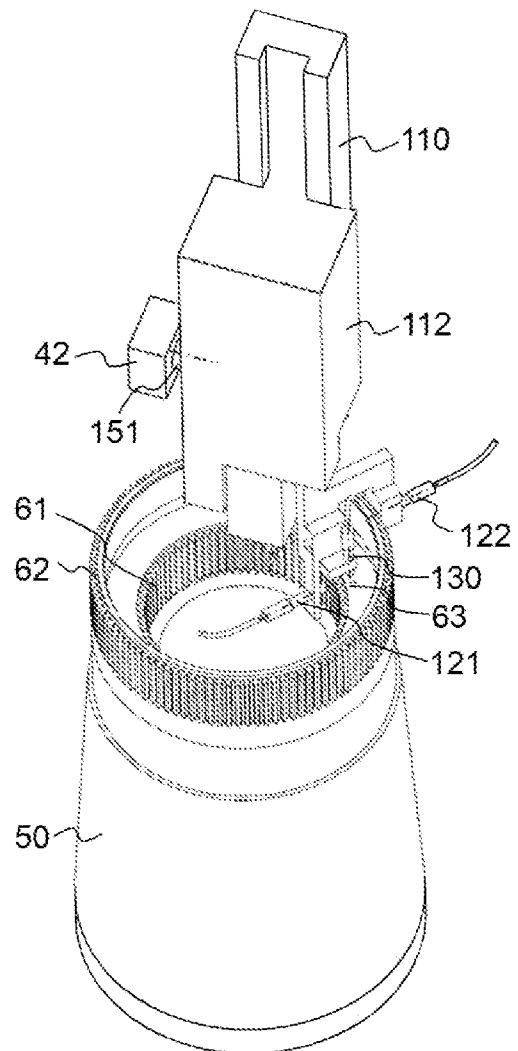
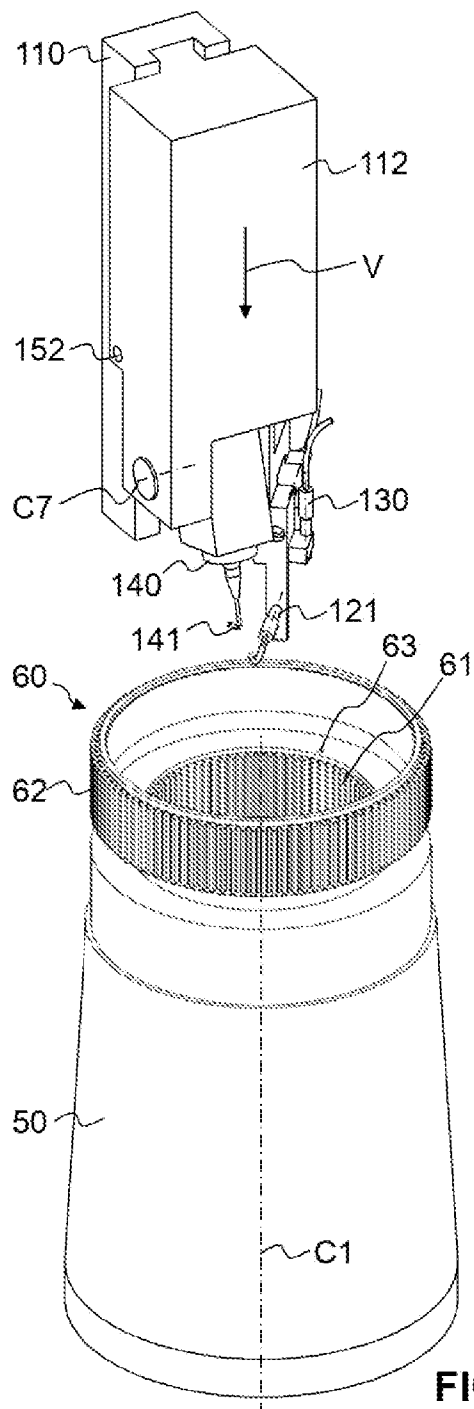


FIG. 31



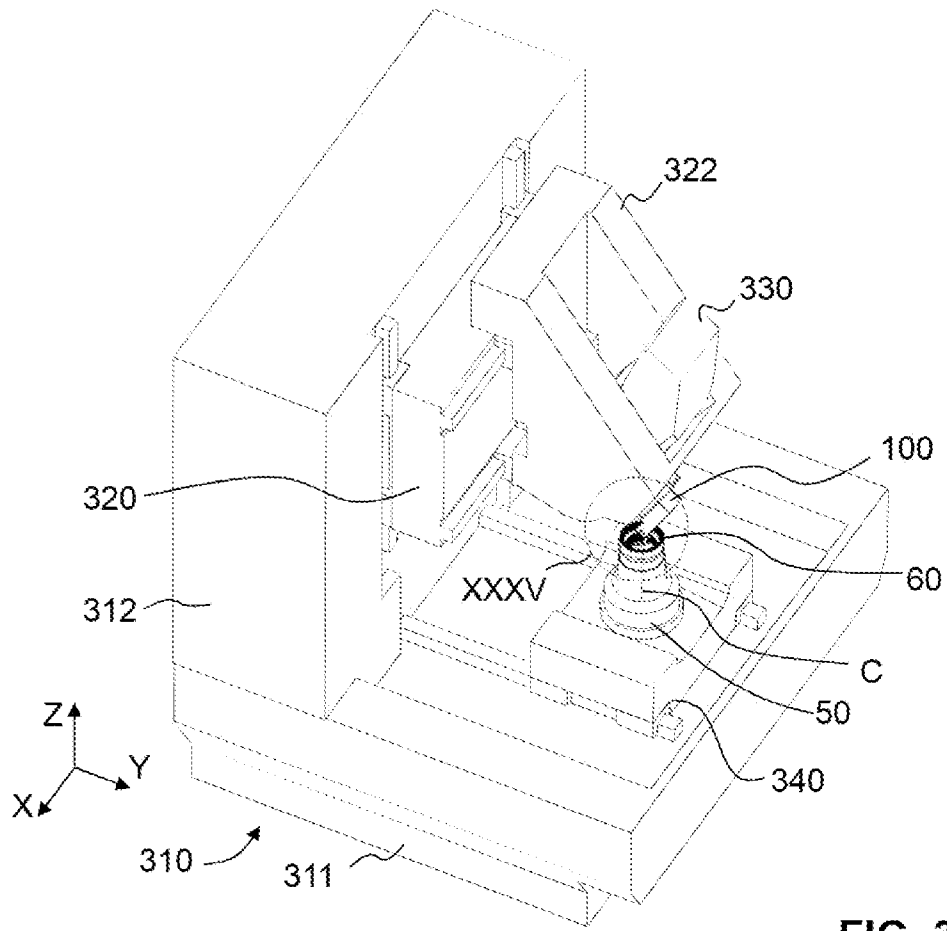


FIG. 34

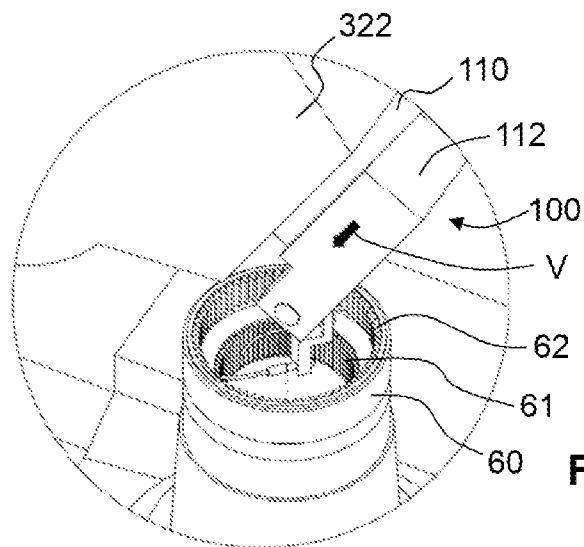


FIG. 35

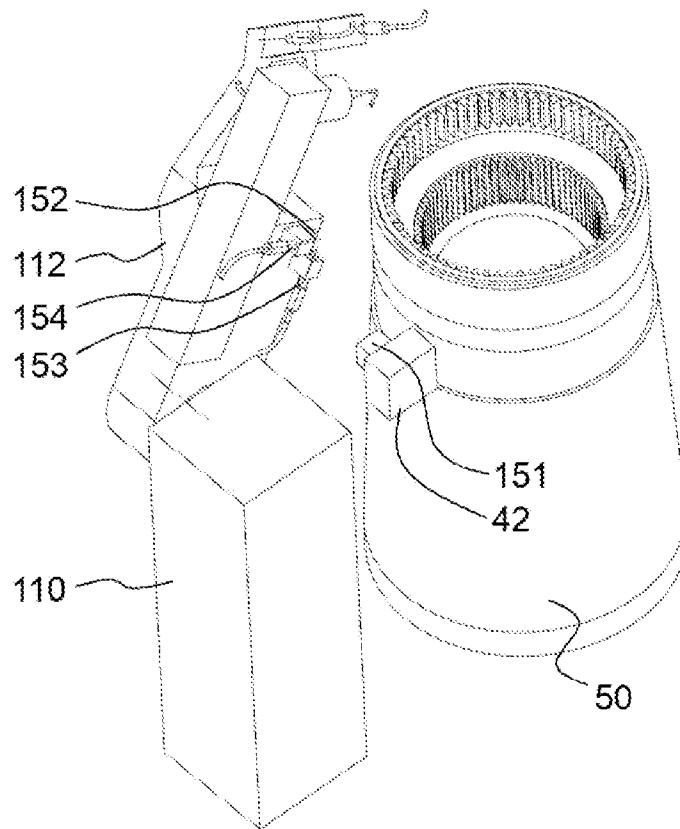


FIG. 36